101-03621/

REVIEW

Volume 20 2000

Energy from the Forest

Compiled by

J. Karau and C. Sved

ENFOR Secretariat

Canadian Forest Service

Natural Resources Canada

Published by

Science Branch

Canadian Forest Service

Natural Resources Canada

Ottawa, 2001

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2001
Cat. No. Fo12-10/2000
ISBN 0-662-65347-5
ISSN 0714-5853

Copies of this publication may be obtained free of charge from:

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Management Services
580 Booth Street
Ottawa, Ontario K1A 0E4

Phone: (613) 947-7341

A microfiche edition of this publication may be purchased from:

Micromedia Ltd.
240 Catherine St., Suite 305
Ottawa, Ontario K2P 2G8

Editing and Production: Paula Irving
Layout and Design: Sandra Bernier

National Library of Canada Cataloguing in Publication Data

Canadian Forest Service. Science Branch
ENFOR Review: Energy from the Forest
Annual.
Vol. 20 (2000)-
Text in English and French with French text on inverted pages.
Title on added t.p.: Bulletin ENFOR.
Continues: Canada. ENFOR Secretariat. ENFOR Review.
ISSN 0714-5853
ISBN 0-662-65347-5 (2000 issue)
Cat. no. Fo12-10/2000

1. Biomass energy—Research—Canada—Periodicals.
2. Biomass energy—Abstracts—Periodicals.
3. Forest biomass—Research—Canada—Periodicals.
4. Forest biomass—Abstracts—Periodicals.
I. Title. II. Title: Energy from the Forest. III. Title: Bulletin ENFOR

TP360.C366 662.88'072071 C98-901282-7E

Cover: Aerial view in 1997 of the 32-ha Free Air Carbon Dioxide Enrichment (FACE) experiment in northern Wisconsin, US, after afforestation within 30-m-diameter rings with cuttings of five trembling aspen clones, paper birch, and sugar maple. (Photo by D.F. Karnosky, Michigan Technological University, Houghton, MI)

Editor's Note: Stylistic changes may have been made to titles and texts for consistency of presentation in this document.

Printed on recycled paper
PRINTED IN CANADA
Printed on alkaline permanent paper

Contents

Preface v

ENFOR Priorities vii

ENFOR Project List 1

Abstracts of Available Reports 9

P-385 Effects of intensive harvesting on forest floor properties in *Betula papyrifera* stands in Newfoundland 9

Lysimeter system designs used in soil research: A review 9

A lysimeter system for monitoring soil solution chemistry 10

Nutrient removals with harvesting and by deep percolation from white birch (*Betula papyrifera* [Marsh.]) sites in central Newfoundland 10

Soil solution concentrations on three white birch sites in central Newfoundland following different harvesting intensities 10

P-451 Physical properties of dead and downed round-wood fuels in the boreal forests of Alberta and Northwest Territories 11

Physical properties of dead and downed round-wood fuels in the boreal forests of Western and Northern Canada 11

P- 453 Canopy openness and leaf area in chronosequences of coastal temperate rainforests 12

P-473 Development of integrated forest management/harvesting plans for biomass supply operations in remote community settings 12

P-474 Carbon budget of the Canadian forest product sector 12

Comprehensive assessment of carbon stocks and fluxes in a boreal-cordilleran forest management unit 13

Energy, bioenergy, and the carbon budget of the Canadian forest product sector 13

Past and possible future carbon dynamics of Canada's boreal forest ecosystems 14

Sequestering carbon in natural forests 14

Simulating response of boreal peatland carbon dynamics to changing effective moistures using Clymo's process-based model 14

P-475 Development of an operational biomass production technology in the Haut-Saint-Laurent region (southwestern Quebec) 15

P-476 Linking ecophysiology and forest productivity: An overview of the ECOLEAP project 15

Mapping forest site potential at the local and landscape levels 16

Pilot regions infobase for managing estimates of forest attributes on the Canadian territory 16

Spatial implementation of models in forestry 17

Spatial monitoring protocol to optimize the monitoring of forest entities with remote sensing digital images and GIS 17

P-478 First rotation harvest of willow demonstration farms and a final report on the development of willow biomass demonstration farms 17

Preface

This publication presents abstracts of recently issued ENFOR (energy from the forest) reports as well as an updated list of ENFOR projects.

ENFOR was established in 1978 as part of a federal interdepartmental initiative to develop renewable energy sources. It is a contract research and development (R&D) program aimed at generating sufficient knowledge and technology to realize a marked increase in the contribution of forest biomass to Canada's energy supply.

Administered by the Canadian Forest Service (CFS), the ENFOR program deals with biomass supply matters such as inventory, growth, harvesting, processing, transportation, and environmental impacts. In addition, the program undertakes climate change studies with respect to the impact of a biomass feedstock and its capacity to sequester carbon.

A scientific management committee oversees the program and develops priorities, assesses proposals, and makes recommendations for funding. Approved projects are then contracted out to the private sector or carried out in-house. Although most project ideas are generated by CFS personnel, proposals from external sources are encouraged and considered. External proposals should be submitted through the appropriate CFS forestry centre or CFS headquarters. The program operates on the basis of the fiscal year, from April 1 to March 31, with proposals being assessed in the fall of each year. Funds are made available through the federal government's Panel on Energy Research and Development (PERD.) and the Office of Energy Research and Development (OECD) of Natural Resources Canada. Approximately $1 million is spent annually on ENFOR projects. The program normally provides total funding for contracted studies although partial funding is considered for certain projects. The project results become the property of the federal government and are available to the public on request.

The program is coordinated by CFS headquarters, but most projects are managed by one of the five Canadian Forest Service forestry centres across the country. Scientists at these centres initiate project proposals in response to regional and national priorities; they implement and manage approved projects; they carry out in-house R&D; and they prepare information reports. A scientific authority is assigned to each project to follow its progress and serve as the principal contact between the contractors and ENFOR program managers. The involvement of regional personnel provides the local perspective necessary to ensure the success of this national program.

Study results are distributed either as contractor reports, published in the CFS Information Report series, or in scientific and technical journals. Comprehensive and detailed reports on the work are available and may be obtained upon request from the addresses indicated with the individual abstracts in this publication.

For further information, contact your nearest CFS forestry centre or the ENFOR Secretariat at the CFS headquarters. To have your name added to the national mailing list, write to the ENFOR Secretariat.

ENFOR Secretariat
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
580 Booth Street, 7th Floor
Ottawa, Ontario
K1A 0E4
(613) 947-8997
http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/prog/enfor_e.html

Pacific Forestry Centre
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
506 West Burnside Road
Victoria, British Columbia
V8Z 1M5
(250) 363-0600
http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/main/index.html

Northern Forestry Centre
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
5320-122nd Street
Edmonton, Alberta
T6H 3S5
(403) 435-7210
http://www.nofc.forestry.ca/

Great Lakes Forestry Centre
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
P.O. Box 490
1219 Queen Street East
Sault Ste. Marie, Ontario
P6A 5M7
(705) 949-9461
http://www.glfc.forestry.ca/

Laurentian Forestry Centre
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, Quebec
G1V 4C7
(418) 648-5788
http://www.cfl.forestry.ca/

Atlantic Forestry Centre
Canadian Forest Service
Natural Resources Canada
P.O. Box 4000
Fredericton, New Brunswick
E3B 5P7
(506) 452-3500
http://atl.cfs.nrcan.gc.ca/cfs/welcome_e.html

Note—During the first six years of the ENFOR program, numerous projects were undertaken in the biomass conversion area. The Energy Technology Branch, Natural Resources Canada, is now responsible for this topic. Information can be obtained from the Renewable Energy Technologies Group, 580 Booth Street, Ottawa, Ontario, Canada K1A 0E4, (613) 996-6226.

To date, 316 projects have been completed, or are in progress. They are listed in order of the fiscal year in which they were initiated; projects that have reports available for distribution are identified by an asterisk (*).

For a complete listing of studies predating 1990, visit the following web site: **http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/prog/enfor/index_e.html**

The ENFOR Program is funded by the federal Panel on Energy Research and Development (PERD).

ENFOR Priorities

The current priorities of the ENFOR program are as follows:

1. **Climate change**

   To study greenhouse gas cycles in forest ecosystems and their contribution to the global carbon balance, including analysis tools for assessing forest biomass production projects and options for reducing greenhouse gas emissions.

2. **Intensive silviculture**

   To develop and test methods and systems for increasing forest biomass productivity.

3. **Environmental effects**

   To assess the environmental effects of intensified biomass production and harvesting for energy purposes by defining the implications of biomass production and production practices on enhancing and sustaining forest ecosystems as sinks and reservoirs for atmospheric carbon, and by offsetting fossil fuel energy use.

4. **Technology transfer**

   To make the results of the program available to potential users in a readily accessible format.

5. **International leadership**

   To contribute CFS leadership in international collaboration in bioenergy research through participation in the International Energy Association (IEA) Bioenergy Agreement.

ENFOR Project List

Projects Initiated in Fiscal Year 1990–1991

Project No.	Contractor	Title
P-390	Outreach Productions Keswick, NB	Whole-tree harvesting and sustainable site productivity
P-392	University of Toronto Dr. L. Zsuffa Toronto, ON	Evaluation of high yielding and environmentally efficient willow clones for biomass plantations and fiber production
*P-393	Various contractors	Use of genetic transformation to modify growth performance of hybrid poplar
P-394	University of Ottawa Dr. D.A. Johnson Ottawa, ON	Selection and evaluation of Frankia isolates: Strain typing by DNA mapping
P-395	Hugh Hamilton Ltd. Edmonton, AB	Continuation of a case study on biomass productivity in young aspen cutovers in north-central Alberta
P-397	Various contractors	A. Completion and reporting of Forestry Canada's evaluation of FORCYTE-11, the benchmark model B. Assessment of the feasibility and cost of restructuring FORCYTE-11 for application to climate change issues
P-399	Sterling Wood Group Inc. Victoria, BC	Development of a manual for managing B.C. woodlots for fuelwood production
*P-400	No contractor involved. Work carried out by Pacific and Yukon Region.	Effects of intensive silviculture (fertilization and thinning) on the quality and profile distribution of soil organic matter in a young Douglas-fir ecosystem
*P-401	Environmental and Social Systems Analysts Ltd. Vancouver, BC	A summary of energy usage/requirements in the Canadian forest sector
P-402	D. Sachs Kamloops, BC	Evaluation of FORCYTE 11-4.1a as a simulator of the long-term impact of intensive forest harvest and management in Douglas-fir

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Projects Initiated in Fiscal Year 1991–1992

Project No.	Contractor	Title
P-403	No contractor involved. Work carried out by Pacific and Yukon Region.	United States/Canada symposium on the implications of climate change for Pacific Northwest forest management
*P-404	No contractor involved. Work carried out by Pacific and Yukon Region.	Effects of converting old-growth forests to managed forests: Changes in site carbon and nutrient contents during post-harvest succession
*P-405	Triton Environmental Consultants Ltd. Richmond, BC	The impact of intensive biomass harvesting on sediment production and routing to stream channels
*P-406	Forest Engineering Research Institute of Canada Vancouver, BC	Impact of machine travel on soil physical properties in a biomass-harvested area. Phase II: flat to gentle terrain
P-407	No contractor involved. Work carried out by Pacific and Yukon Region.	Decomposition and the fate of carbon in woody litter derived from precommercial thinning of a Douglas-fir ecosystem
P-408	M. Eismont Edmonton, AB	Development of a decision support system for aspen management
*P-410	University of British Columbia K. Brown Vancouver, BC	Fast-growing trees: Early testing and environmental fitness
*P-411	Various contractors	Can jack pine be managed in an environmentally acceptable way for production of energy biomass?
*P-412	Various contractors	Physiological and cellular assessment of nitrogen cycling in *Salix* and *Populus*
P-413	Weyerhaeuser Canada Penticton, BC	Interplanting Sitka alder with lodgepole pine
*P-414	Various contractors	Developing efficient fertilizer prescriptions to improve poplar productivity in southeastern Ontario
P-415	Université Laval Sainte-Foy, QC	Strategies for using roadside forest residues
*P-416	University of Moncton Edmundston, NB	Economic impact of changes in growth and yield and stand establishment following removal of biomass for energy with and without compensatory fertilization

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Project No.	Contractor	Title
P-417	The Hub St. John's, Newfoundland	Ecotypic (genetic) variation in growth responses in natural populations of *Salix discolor* Mühl.

Projects Initiated in Fiscal Year 1992–1993

Project No.	Contractor	Title
P-418	No contractor involved.Work carried out by Maritimes Region.	Data analysis for P-384
*P-419	City of Montreal Botanical Garden Montreal, QC	Using sewage sludge in short rotation intensive culture
*P-420	REAP-Canada Sainte-Anne-de-Bellevue, QC	Technology evaluation and development of short rotation forestry for energy production
P-421	Various contractors	Relationships between efficient fertilization and internal nitrogen cycling in poplar
P-422	University of Guelph Guelph, ON	The economic potential of alternative silviculture options for biomass energy in northern Ontario
P-423	ESSA Environmental and Social Systems Analysts Ltd. Vancouver, BC	Application of the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector activities (CBM-CFS), in an energy policy context
*P-424	Poplar Council of Canada Edmonton, AB	The status of production systems for energy forestry plantations
P-425	No contractor involved. Work carried out by Pacific and Yukon Region.	Technology transfer conference on forest biomass and co-generation opportunities in British Columbia
*P-426	No contractor involved. Work carried out by Pacific and Yukon Region.	Transformations of organic C pools in forest ecosystems of coastal British Columbia
*P-427	Forestry Expert Systems Truro, NS	An economic evaluation of forest improvement opportunities and impacts from a biomass fuel market at an energy co-generation facility in southwestern Nova Scotia
*P-428	L.-J. Lussier Sainte-Foy, QC	Financial analysis of the simultaneous marketing of conventional forest products and biomass for energy plantations

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Projects Initiated in Fiscal Year 1993–1994

Project No.	Contractor	Title
*P-429	University of Toronto Dr. A. Kenney Toronto, ON	Energy willow plantations: A demonstration project
*P-430	City of Montreal Botanical Garden Montreal, QC	Maximizing biomass production of willow species by short rotation intensive culture in southern Quebec
P-431	No contractors involved. Work carried out by Petawawa National Forestry Institute.	National estimates of Canada's forest biomass — PNFI Forest Inventory
*P-432	University of Toronto Dr. L. Zsuffa Toronto, ON	A review and assessment of genetic improvement and a strategy proposal for tree type willows
*P-433	No contractors involved. Work carried out by Petawawa National Forestry Institute.	Assessment of biomass productivity in a hybrid poplar spacing trial
P-434	No contractors involved. Work carried out by Ontario Region.	Recent developments in short rotation intensive culture
*P-435	ESSA Technologies Ltd. Vancouver, BC	Publishing results from applications of the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS) and development of a model from State of Environment and State of Forests reports

Projects Initiated in Fiscal Year 1994–1995

Project No.	Contractor	Title
*P-436	No contractors involved. Work carried out by Newfoundland and Labrador Region.	Study of the production of domestic fuelwood in Newfoundland
P-437	Poulin, Theriault Inc. Quebec City, QC	Energy biomass, forest management and regional economic development: Development of an interconnected model and feasibility analysis of a project in the Quebec Model Forest
*P-438	Various contractors	Effect of fertilization and weed control on soil nutrient status and hybrid poplar growth
*P-439	Various contractors	Optimizing growth of *Populus* through proper macro- and micro-nutrition and timing of fertilization

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Project No.	Contractor	Title
P-440	University of Toronto Dr. R. Gambles Toronto, ON	To maintain weed control at Iroquois and Berwick, Ontario, tree plantations established in 1991 and 1992 under ENFOR
*P-441	No contractors involved. Work carried out by Forest Pest Management Institute.	Impact and management of pest problems in short rotation in poplar and willow
P-442	No contractors involved. Work carried out by Forest Pest Management Institute.	Pheromone-based monitoring system for gypsy moth in poplar stands and SRIC biomass plantations
*P-443	No contractors involved. Work carried out by Maritimes Region, Petawawa National Forestry Institute, Northwest Region, and Pacific and Yukon Region.	Assessment of potential feedbacks to the global carbon cycle by Canadian forest ecosystems in a changing, greenhouse-enhanced climate
*P-444	ESSA Technologies Ltd. Vancouver, BC	Evaluation of the CBM–CFS by comparing distributions in forest ecosystems of coastal British Columbia

Projects Initiated in Fiscal Year 1995–1996

Project No.	Contractor	Title
P-445	Forestry Expert Truro, NS	A long term economic strategy for integrating fuelwood harvesting, silviculture and rural socio-economic development
*P-446	Institut de recherche en biologie végétale Sherbrooke, QC	Operational technology for energy biomass operations in the Haut-Saint-Laurent region of Quebec
*P-447	No contractors involved. Work carried out by Laurentian Forestry Centre.	Contribution of biomass harvesting to help finance silviculture
P-448	Faculty of Forestry, University of Toronto Toronto, ON	Maintenance of tree willow biomass plantations
P-449	Ontario Forestry Centre and the Ontario Ministry of Natural Resources Sault Ste. Marie, ON	Assessing the economic potential of "residual" forest biomass
P-450	Faculty of Forestry, University of Toronto Toronto, ON	Social, economic and environmental feasibility of wood fuelled district heating in a remote native community
*P-451	No contractors involved. Work carried out by Northern Forestry Centre.	Physical properties of dead and downed roundwood fuels in western and northern Canada

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Project No.	Contractor	Title
*P-452	No contractors involved. Work carried out by Northern Forestry Centre.	Application of CBM-CFS2 to annual assessments of forest carbon budgets at the regional and provincial scales
*P-453	No contractors involved. Work carried out by Pacific Forestry Centre.	Effect of converting old-growth forests to managed forests: Changes in the overstory and total site nutrient contents in chronosequences of coastal B.C. forests

Projects Initiated in Fiscal Year 1996–1997

Project No.	Contractor	Title
P-454	No contractors involved. Work carried out by Atlantic Forestry Centre and Great Lakes Forestry Centre.	Data validation on the impacts of whole tree harvesting
P-455	No contractors involved. Work carried out by Atlantic Forestry Centre.	Site productivity as influenced by tree species
P-456	No contractors involved. Work carried out by Great Lakes Forestry Centre.	Quantitative trait loci in F2 generation of hybrid poplars
P-457	No contractors involved. Work carried out by Great Lakes Forestry Centre.	Impact of biomass harvesting on soil diversity
P-458	Faculty of Forestry University of Toronto Toronto, ON	Willow biomass demonstration farms
P-459	Faculty of Forestry University of Toronto Toronto, ON	Documentation of poplar and willow genetic traits
P-460	Faculty of Forestry University of Toronto Toronto, ON	Tree willow clones for biomass and fibre
P-461	Work carried out by Northern Forestry Centre and the Department of Biological Science, University of Alberta	Limitations to productivity of young trembling aspen
P-462	No contractors involved. Work carried out by Northern Forestry Centre.	Energy production from private forested land in Alberta
*P-463	Work carried out by Pacific Forestry Centre and Forest Engineering Research Institute of Canada (FERIC), Western Division	Fines utilization from log sortyard residues

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Project No.	Contractor	Title
*P-464	No contractors involved. Work carried out by Pacific Forestry Centre.	Insect pest management systems for SRIC in B.C.

Projects Initiated in Fiscal Year 1997–1998

Project No.	Contractor	Title
P-465	No contractors involved. Work carried out by Atlantic Forestry Centre and Great Lakes Forestry Centre.	Synthesis of site productivity experiments
P-466	No contractors involved. Work carried out by Atlantic Forestry Centre and Laurentian Forestry Centre.	Carbon cycling in eastern Canadian forest ecosystems
P-467	No contractors involved. Work carried out by Atlantic Forestry Centre.	Assessment of white birch below-ground biomass in Newfoundland
*P-468	Consultants Forestiers DGR Inc., Quebec, QC	Recovery of bio-energy from roadside hardwood slash piles
P-469	Work carried out by the Department of Biology, Queen's University, Kingston, Ontario, and Performance Plants Inc., Kingston, ON	Increasing poplar biomass production by genetic engineering
*P-470	No contractors involved. Work carried out by Laurentian Forestry Centre.	Site specific modelling of carbon, water and nutrient cycles in 3 eastern Canadian forest types
P-472	No contractors involved. Work carried out by Great Lakes Forestry Centre.	Decision support for control of poplar and willow pests
*P-473	Various contractors	Forest biomass energy for remote communities
*P-474	No contractors involved. Work carried out by Northern Forestry Centre.	Carbon budget modelling and systems analysis of carbon mitigation projects

Projects Initiated in Fiscal Year 1998–1999

Project No.	Contractor	Title
*P-475	Institut de recherche en biologie végétable, Montreal, QC	Development of a biomass production operational technology in the upper St. Lawrence area (southwest of Quebec)

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Project No.	Contractor	Title
*P-476	No contractor involved. Work carried out by the Pacific Forestry Centre, Victoria, BC	A spatially explicit method to monitor forest biomass from digital remote sensing using forest structural and inventory parameters
P-477	University of Toronto, Faculty of Forestry, Toronto, ON	Completion of the documentation and evaluation of Ontario's poplar and willow genetic trials for biomass energy plantations and fiber production.
*P-478	University of Toronto, Faculty of Forestry, Toronto, ON	First rotation harvest of a willow biomass demonstration farm
P-479	No contractor involved. Work carried out by the Great Lakes Forest Centre, Sault Ste. Marie, ON	Biomass production and carbon sequestration in second-growth boreal mixedwood forest as influenced by management and harvesting practices
P-480	No contractor involved. Work carried out by the Northern Forestry Centre, Edmonton, AB	Transient responses of Canada's forest biomass to a changing climate

Projects Initiated in Fiscal Year 1999–2000

Project No.	Contractor	Title
P-481	No contractor involved. Work carried out by the Atlantic Forestry Centre, Fredericton, NB	Free-air carbon dioxide enrichment (FACE): Free-air carbon sequestration and storage (FactsII)-Aspen FACE
P-482	No contractor involved. Work carried out by the Laurentian Forestry Centre, Sainte-Foy, QC	Integration of land inventory, SIRS and remote sensing for biomass estimation
P-483	No contractor involved.Work carried out by the Great Lakes Forestry Centre, Sault Ste Marie, ON	Canadian forest carbon budgets: Forest fire and insect controls in a changing climate
P-484	No contractor involved. Work carried out by the Northern Forestry Centre, Edmonton, AB	Modify the existing carbon budget model of the Canadian forest sector (CBM-CFS2)
P-485	No contractor involved. Work carried out by the Northern Forestry Centre, Edmonton, AB	State of the science assessment of boreal zone carbon budget
P-486	Forest Engineering Research Institute for Canada, Vancouver, BC	Dryland sortyard debris disposal life cycle assessment

*Reports are available for projects identified with an asterisk.

Abstracts of Available Reports

ENFOR Project P-385

Effects of intensive harvesting on forest floor properties in *Betula papyrifera* stands in Newfoundland

B. A. Roberts, K.W. Deering, and B.D. Titus

Journal of Vegetation Science 9:521–528

Betula papyrifera (white birch) is a common tree throughout the boreal forest of Canada and makes up 12% of the total tree volume in insular Newfoundland. It forms pure stands after harvesting and wildfire disturbance and it is a common component in most softwood stands. Little is known regarding the environmental impact of whole-tree or conventional harvesting of this species and variation in impact related to variation in soil and site conditions.

This study investigates litter and organic matter production and related site ecology in nine medium to high quality *Betula papyrifera* stands in three locations in central Newfoundland on a variety of land form and drainage conditions. Three sites, Badger West (BW), Moose Pond (MP), and Middleton Lake (ML), were selected. The ML site has the highest quality (with the best height/age ratio, 18 m:60 yr, and height/DBH ratio, 18 m:30 cm), followed by MP and BW. Litter depth on well-developed moders or mulls was usually 2–3cm and varied from 1 to15 cm. Forest floor depths (measured in 324 profiles) rarely reached 20 cm and were commonly 5–10 cm; it varied with position and site. Total and available nutrients indicate that *B. papyrifera* produces one of the highest-quality organic matter types of the local forest types and is important in improving site quality. The mean N-concentration in green foliage (2.21%) and trapped litter (1.03%) was highest at the best-quality site, ML, followed by MP and BW. The concentration of calcium, 0.85%, was highest at the poorest-quality site. Four years after harvesting, litter depth significantly decreased in all sites and treatments with the exception of the BW whole-tree harvest treatment. Total forest floor depth significantly decreased at all sites in the stem-only harvest treatment as well as the MP whole-tree harvest treatment.

There was a significant decrease in available nitrogen following harvesting in both treatments at both the MP and BW sites. Change in available phosphorus was insignificant, with the exception of an increase in the MP stem-only harvest treatment. There was a significant decrease in available potassium at both the ML and BW whole-tree harvest treatments, but a significant increase in the stem-only harvest treatments at ML and MP. There was a significant decrease in available calcium in both treatments at both the MP and BW sites.

This paper is available from:
B.D. Titus
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5

ENFOR Project P-385

Lysimeter system designs used in soil research: A review

B.D. Titus and M.K. Mahendrappa

Information Report N-X-301, February 1996, 113 pages

Lysimeter systems have been used for many years to obtain, with a minimum of disturbance, soil solution samples for use in nutrient cycling studies in agriculture and forestry. Recent methodological studies and improvements in technology have led to a great diversification in lysimeter system designs and installation methods. This review considers the agricultural, forestry, and groundwater monitoring literature and reports on the current designs that are relevant for use in forestry nutrient cycling studies. A brief history of lysimetry is given, and a functional classification scheme is presented and then used as a framework for discussing variations in lysimeter system design. The impact of lysimeter system design on sampling artifacts is briefly discussed, and the literature on the effect of construction materials on soil solution contamination is tabulated. Statistical considerations are discussed, especially regarding determination of sample size and distribution of the data. As the review is primarily concerned with design, some of the wider aspects of lysimetry are not discussed. However, a broad range of references is cited so that workers, particularly ones new to the topic of lysimetry, can follow up areas of interest and concern.

This information report is available from:
B.D. Titus
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5

ENFOR Project P-385

A lysimeter system for monitoring soil solution chemistry

B.D. Titus, D.G.O. Kingston, C.M. Pitt, and M.K. Mahendrappa

Canadian Journal of Soil Science 80:219–226

In northern temperate and boreal zones, long-term sampling of the soil solution using lysimeter systems requires (i) a lysimeter that can be installed with a minimum of soil disturbance, (ii) a lysimeter that is small enough to install in stony soil but large enough to representatively sample the soil solution, (iii) a system with a constant tension that integrates soil solution sample collection over time, and (iv) a system that will not break under freezing conditions. A lysimeter system that meets these requirements was designed and consists of a lysimeter (a fritted glass plate mounted on a glass casing) connected in series to a sample bottle and a tension-generating unit. The glass casing of the lysimeter has two ports: a drainage port for continuous flow of soil solution to the sample bottle, and an access port that can be used (i) for air entry to facilitate complete sample retrieval, (ii) for cleaning, (iii) for re-wetting the fritted glass plate, or (iv) for winterizing the lysimeter with alcohol. A 1-m hanging water column was used to supply a constant tension of approximately 10 kPa. A potential 93% efficiency rate of sample collection can be achieved, and the systems are capable of sampling soil solution beneath organic horizons, as well as in the rooting zone of mineral horizons. The system is presently being used to evaluate the effects of different harvesting and silvicultural treatments on nutrient cycling processes in the soil. Almost 700 of these lysimeter systems are in use in the Atlantic provinces of Canada. The lysimeters have been functioning satisfactorily for over 10 yr and are suitable for long-term monitoring of the soil solution.

This report is available from:
B.D. Titus
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5

ENFOR Project P-385

Nutrient removals with harvesting and by deep percolation from white birch (*Betula papyrifera* [Marsh.]) sites in central Newfoundland

B.D. Titus, B.A. Roberts, and K.W. Deering

Canadian Journal of Soil Science 78:127–137

The effects of conventional stem-only and whole-tree harvesting on nutrient losses in biomass removal and in leachate fluxes over a 3-yr period after cutting three white birch stands in central Newfoundland were determined. Losses of nutrients in biomass were proportionately greater with more intensive harvesting as tree components with higher nutrient concentrations (branches, foliage) were removed. Stem-only harvesting removed 126, 9, 51, 126, and 23 kg• ha^{-1} of N, P, K, Ca, and Mg in biomass, respectively. Whole-tree harvesting led to a 19% increase in biomass removal compared with stem-only harvesting, but nutrient removals with whole-tree harvesting increased by 127% for N, 138% for P, 151% for K, 72% for Ca, and 90% for Mg. Nutrient losses in deep percolation of soil solution during the first 3 yr after harvesting were generally greater following stem-only than whole-tree harvesting. This may be the result of increased leaching from slash, increased mineralization beneath slash, and retardation by slash of the successional vegetation that could act as a nutrient sink. In the first 3 yr following harvesting, leaching losses after whole-tree harvesting were 4, 0.2, 8, 23, and 7 kg• ha^{-1} of N, P, K, Ca, and Mg, respectively, compared with 9, 0, 1, 7, 28, and 9 kg• ha^{-1} of N, P, K, Ca, and Mg after stem-only harvesting. Nutrient losses in leachate were generally small compared with losses in biomass removal.

This paper is available from:
B.D. Titus
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5

ENFOR Project P-385

Soil solution concentrations on three white birch sites in central Newfoundland following different harvesting intensities

B.D. Titus, B.A. Roberts, and K.W. Deering

Biomass and Bioenergy 13(4/5):313–330

Three white birch stands of differing site quality (good, intermediate, rich) in central Newfoundland were monitored using porous cup lysimeters to study changes in nutrient concentrations (NH_4-N, NO_3-N, PO_4-P, K, Ca, Mg, pH) in the soil solution following stem-only and whole-tree harvesting. Ammonium concentrations on the good and intermediate sites were not greatly affected by cutting, but stem-only (STO) harvesting on the rich site led to increased concentrations that persisted for 3 yr. Nitrate concentrations increased more on the intermediate than on the good site, but increases were smallest on the richest site. This was attributed to a combination of uptake by more vigorous advance regeneration (mainly alders) on the rich site, as well as wetter soil conditions that limited nitrifi-

cation. Phosphorous concentrations were not greatly affected by harvesting. Potassium concentrations increased immediately after harvesting as K leached from slash on the STO treatments, plant remains, and the forest floor, and decreased as these sources were depleted. Vegetation uptake and leaching associated with movement of NO_3-N were also controlling mechanisms on some sites. Calcium and Mg concentrations were correlated and initially increased with harvesting, but on the richest two sites decreased below control stand levels after whole-tree harvesting (WTH) at the end of 3 yr. Movement of Ca and Mg was associated with NO3-N on sites where there was a significant increase in NO_3-N concentrations following harvesting. Acidity decreased on the good site, increased after STO, but decreased after WTH on the intermediate site, and increased after both intensities of harvesting on the rich site. Nutrient concentrations in the soil solution were generally higher when slash was retained in STO treatments rather than removed in WTH treatments. This was attributed to a combination of increased mineralisation beneath the slash, increased leaching from the slash, and decreased plant uptake. In general, the soil solution data suggest that harvesting effects last for no more than 3 yr for most nutrients on these birch sites in Newfoundland, and that whole-tree harvesting generally had less impact on nutrient concentrations than stem-only harvesting. However, this does not necessarily mean that net losses from sites were less with WTH, as this does not take into account nutrient fluxes or nutrient removals in slash.

This paper is available from:
B.D. Titus
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5

ENFOR Projet P-451

Physical properties of dead and downed round-wood fuels in the boreal forests of Alberta and Northwest Territories

I.A. Nalder, R.W. Wein, M.E. Alexander, and W.J. de Groot

Canadian Journal of Forest Research 27(9):1513–1517

Dead and downed woody fuels in forests are commonly estimated using the line intersect method, which requires appropriate values for specific gravity, piece tilt angle, and piece diameter. We present data for these variables for six commercially important tree species based on extensive surveys of slash and naturally fallen dead wood in four regions of the western Canadian boreal forest. The considerable variation by diameter size-class, species, cover type, and, to a lesser extent, region suggests that specific values will improve fuel load estimates. We combine the three variables into a single factor so that fuel load (megagrams per hectare) can be calculated simply by multiplying this factor by the number of intersects per meter of sample transect.

This paper is available from :
M.E. Alexander
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-451

Physical properties of dead and downed round-wood fuels in the boreal forests of Western and Northern Canada

I.A. Nalder, R.W. Wein, M.E. Alexander, and W.J. de Groot

International Journal of Wildland Fire (In Press)

The quantity of dead and downed woody fuels in forests is commonly estimated using the line intersect method of sampling. Determination of the mass of wood per unit area for each size-class requires values for the mean specific gravity, piece tilt angle, and piece diameter. We present these values for dead and downed round-wood materials less than 7 cm in diameter based on surveys of slash and naturally fallen materials in six boreal forest regions of Western and Northern Canada and for eight common species in these regions. There was considerable variation in the three variables: mean specific gravity ranged from 0.34 to 0.65 Mg/m^3, tilt ranged from 5° to 33°, and mean squared diameter ranged from 31% below to 71% above the value at class mid-point. Values of each were strongly related to size-class, species, fuel type, and region. We conclude that values derived from other study areas or species can give substantial inaccuracies in estimating dead and downed round-wood fuel loads if applied to sites within the study region, although ultimate accuracy obtainable will be more influenced by the length of sampling line. The three variables are combined into a single factor so that fuel loads can be calculated simply by multiplying this factor by the number of intersects per meter of transect.

This paper is available from:
M.E. Alexander
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-453

Canopy openness and leaf area in chronosequences of coastal temperate rainforests

G.W. Frazer, J.A. Trofymow, and K.P. Lertzman

Canadian Journal of Forest Research 30:239–256

We examined spatial and temporal differences in canopy openness and effective leaf area (L_e) in a series of eight forest chronosequences located on southern Vancouver Island, British Columbia. Structural attributes were measured on the west and east side of the island in immature, mature, and old-growth stands using hemispherical photography and the LAI-2000 plant canopy analyzer (PCA). Old-growth forest canopies were distinct from those of younger stands: they were more open, more heterogeneous in their openness, and maintained a lower stand L_e. Although the overall developmental trajectories of forests were similar across the study sites, site-to-site differences in the rate and magnitude of these temporal changes indicated that site-specific factors also play a significant role in determining the character of forest canopies and their development. The most significant changes in canopy structure did not emerge until the later stages of stand development (150– 200 yr). Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) dominated east-side forests were, on average, more open, more heterogeneous, and had a lower stand L_e than the stands dominated by western hemlock (*Tsuga heterophylla* (Raf.) Sarg.) and western redcedar (*Thuja plicata* Donn) forming the west-side chronosequences. Shoot clumping, along with other evidence, suggested that species-related differences in leaf display and the geometry of branching structure might have contributed significantly to these regional patterns.

This paper is available from:
J.A. Trofymow
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Pacific Forestry Centre
506 West Burnside Road
Victoria, BC V8Z 1M5

ENFOR Project P-473

Development of integrated forest management/harvesting plans for biomass supply operations in remote community settings

K.C. VanEvery and P. Higgleke

KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay, ON

Technical Note No. 102, Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Great Lakes Forestry Centre

Opportunities for aboriginal communities to combine biomass and the new technologies using district heating systems with their traditional source of energy are explored.

The potential for the use of biomass district heating systems is examined as a way to provide space heating and potable hot water in closed loop community systems. District and mini-district heating systems have the primary benefits of cost savings, employment generation, improved retention of funds within the community, enhanced self-reliance, decreased potential for fuel spills, reduced net-gain air pollution due to the carbon neutral asset of managed biomass use, reduced household fire hazard, and available abundant natural resources.

The steps involved from pre-feasibility to community approval in the decision-making process for potential implementation of a district biomass heating system are discussed.

This technical note is available from:
Rick Greet
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Great Lakes Forestry Centre
1219 Queen Street East
Sault Ste. Marie, ON P6A 5M7

ENFOR Projet P-474

Carbon budget of the Canadian forest product sector

M.J. Apps, W.A. Kurz, S.J. Beukema, and J. Bhatti

Environmental Science & Policy 2:25–41

Although many factors influencing the forest C cycle are beyond direct human control, decisions made in forestry and the forest product sector (FPS) can either mitigate or aggravate the net C balance of terrestrial ecosystems. The Canadian Budget Model of the Forest Product Sector (CBM-FPS) described here was designed to work with a national scale model of forest ecosystem dynamics (the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector, CBM-CFS). The CBM-FPS accounts for harvested forest biomass C from the time that it enters the manufacturing process until it is released into the atmosphere. It also accounts for the use and production of energy by the FPS, and emission of CO_2 during FPS processing. The CBM-FPS accounting framework uses the characteristics of different forest product types to estimate changes in the storage of C in forest products; it tracks C from the transportation of the harvested raw material through various processing steps in sawmills or pulp mills, to its final destination (product, pulp, landfill, atmosphere, or recycled). Because not all harvested biomass C is released into the atmosphere in the year it is harvested, the model tracks C retained in various short- and long-lived products and in landfills. Model results are in general agreement with available data from 1920–1989. Average changes in net C stocks in the FPS, estimated as the difference between

harvest C input to the FPS and total losses from the forest product sector, is estimated to be 23.5 Tg C•yr $^{-1}$ for the 1985–1989 period. The total FPS pool size at the end of this period is estimated to be 837 Tg C, of which only a fraction (32%) is retained in Canada. The total FPS C stock is small compared with that in the forest ecosystems from which they derive (estimated to contain 86 Pg C in 1989). Nevertheless, the changes in these C stocks contribute significantly to a reduction of the total net atmospheric exchange of the total forest sector (ecosystem and product sector) for that period.

This paper is available from:
M.J. Apps
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-474

Comprehensive assessment of carbon stocks and fluxes in a boreal-cordilleran forest management unit

D.T. Price, D.H. Halliwell, M.J. Apps, W.A. Kurz, and S.R. Curry

Canadian Journal of Forest Research 27:2005–2016

A carbon budget model of the Canadian forest sector (CBM-CFS, version 2), was modified to investigate past and possible future impacts of management on C sequestration in forest biomass, soils, and harvested wood products for a forest management unit in the western Canadian boreal– cordilleran ecoregions. The model showed that the total suppression of natural disturbances, and their replacement by harvesting for maximum sustainable yield, could lead to significant increases in ecosystem C storage (mainly in soils and wood products) over a period of 100–200 years in this region. This is primarily because the historical interval between disturbance events (primarily wildfire) is short compared with the harvest interval. The net gains in C storage and the period over which they are sustainable are sensitive to key variables, including planned harvesting levels and the intensity of natural disturbances. A warmer climate could reduce total C storage as a result of greater soil decomposition, but it should not reverse the benefits attributable to management if disturbances are controlled. Extended rotation lengths increase total C storage significantly and may justify additional investment in protection.

This paper is available from:
D.T. Price
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-474

Energy, bioenergy, and the carbon budget of the Canadian forest product sector

M.J. Apps, W.A. Kurz, and J. Bhatti

In: Schlamadinger and Madlener. *Eds. Effects of the Kyoto Protocol on Forestry and Bioenergy Projects for the Mitigation of Net Carbon Emissions.* Proc. IEA international workshop, March 1998, Rotorua, NZ. Joanneum Research, Graz, Austria. p.139–156

Forest ecosystems hold approximately 75% of the earth's organic carbon (C), with Canada possessing one-tenth of this reserve. Canadian boreal forests have experienced changes in productivity and organic matter decomposition during last 20 yr. The net result of these changes, together with changes in the disturbance regime, has been a shift in these systems changing from a net sink of atmospheric C to a small net source. Although many factors that influence the forest C-cycle are beyond direct human control, management of short-term forest product sector activities can either mitigate or aggravate the net C-balance. The Forest Product Sector (FPS) model, designed to work with the Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS), accounts for harvested forest biomass C from the time it leaves the forest until it is released into the atmosphere, use and production of energy by the FPS, and emission of CO_2 during FPS processing. The FPS accounting framework uses the characteristics of different forest product types to estimate the storage of C in forest products; it tracks C through all processing steps from the transportation of the raw harvested material through various processing steps in sawmills or pulp mills to its final destination (product, pulp, landfill, atmosphere, or recycled). Since not all the C harvested is released into the atmosphere the year it is harvested, the model tracks C in various short- and long-lived products, and in landfills. Model results are in general agreement with available data from 1929–1989.

This paper is available from:
M.J. Apps
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-474

Past and possible future carbon dynamics of Canada's boreal forest ecosystems

David T. Price, Michael J. Apps, and Werner A. Kurz

In: Kohlmaier, G.H.; Weber, M.; Houghton, R.A. Eds. *Carbon Mitigation in Forestry and the Wood Industry*. Chapter 1.4: *Past and Possible Future Carbon Dynamics of Canada's Boreal Forest Ecosystems*. Springer Verlag, 1998, p. 63–88

Forest fires and insect outbreaks are the predominant disturbance agents in the vast boreal forest ecosystems of north America; harvesting affects a relatively small proportion of the average total area disturbed each year. In spite of protection programs, the rate of natural disturbances has fluctuated considerably in the recent past, which is almost certainly related to variations in average climate. Disturbance rate is a key factor controlling the age-class distribution of the forest: increased disturbances lead to increased proportions of younger age classes and lower average densities of carbon (C) stored in biomass, litter, and soil. Hence natural disturbances are a major influence over ecosystem C dynamics in unmanaged boreal forest regions.

Simulations of the major pools and fluxes in the ecosystem C balance were used to investigate past and possible future disturbance scenarios and possible management responses on C storage in Canadian boreal ecosystems, at both regional and local scales. The results showed that until recently the entire Canadian boreal forest region was a net sink for C, but increased disturbances in the period 1970–1990 reversed this process. Disturbance regimes will continue to affect the net C balance in the future, with the system likely to remain a net C source for several years. Management for timber production, which includes investment in protection against natural disturbances, could help overcome this effect. Harvesting is a necessary component of long-term management, because protection can only delay natural disturbances in boreal ecosystems, and the cost of C storage will otherwise increase considerably as stands age. The manufacture of long-lived wood products and fossil energy substitutes are additional possible strategies in using boreal forests to mitigate anthropogenic greenhouse gas emissions.

This chapter is available from:
D.T. Price
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-474

Sequestering carbon in natural forests

C.S. Binkley, M.J. Apps, R.K. Dixon, P.E. Kauppi, and L.-O. Nilsson

Critical Reviews in Environmental Science and Technology 27(Special):S23–S45 (1997)

Closed forests cover about 3 billion ha or 20% of the world's total land area (excluding Antarctica). Forest plantations comprise less than 1% of this area. Natural forests range from the intensively managed ones of Central Europe and Scandinavia to the wild boreal forests of Russia and Canada and the deep jungles and dry forests of the tropics. Numerous techniques—largely drawn from the ordinary repertoire of forest management—are available to enhance the ability of these forests to sequester and store C. Although the costs of sequestering additional C in these forests may be quite low (even in comparison with intensive plantation options), increased use of natural forests for this purpose raises a host of concerns about competing forest uses, biological risk, and the capacity to actually measure the incremental C sequestered. The problems of poverty, expanding populations, weak institutions, incomplete scientific knowledge, and climatic change itself will challenge the world's capacity to use natural forests as part of a CO_2 control strategy.

This report is available from:
M.J. Apps
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-474

Simulating response of boreal peatland carbon dynamics to changing effective moistures using Clymo's process-based model

I.D. Campbell, M.J. Apps, D.H. Vitt, L.A. Hasley, and C. Campbell

American Geophysical Union 79:45(F321), Nov.10, 1998

Northern peatlands are a current research focus in solving the missing carbon puzzle in the global carbon budget. Change of peatlands as a C source (due to peat degradation) or sink (peat accumulation) through time would significantly shift the global C budget. Peatland dynamics are controlled by the balance of production of living plants in the acrotelm and decay rates in both acrotelm and catotelm; all of these processes relate positively to temperatures (Clymo 1984). The rate of peat passing from acrotelm to catotelm, however, determines

the net peat accumulation as new peat in the acrotelm is subject to a very high decay rate; the acrotelm residence time is regulated by water table depth (WTD). Thus, peatland dynamics at various temporal scales result from complex and non-linear relations with thermal and moisture conditions.

A peat dynamics model is being developed to explore these interactions. The model simulates the production and decay processes in acrotelm and catotelm and water and carbon exchange processes between these two layers. Currently it is able to simulate initiation, accumulation, degradation, and termination of peatlands through prescribed change in WTD using invariant productivity and decay rate parameters from Western Canada, assuming changes in temperature-dependent production and decay rates cancel each other. Preliminary results show that even moderate change in WTD of a few centimeters at decade and century scales would dramatically change the net peat accumulation. A simulation driven by periodic fluctuations of effective moisture/WTD over the last several thousand years was performed, which reproduces patterns of peat accumulation that are observed in many peat profiles. These simulations also indirectly test the periodic Holocene peatland initiation hypothesis in Western Canada (Campbell et al., in preparation).

Currently a WTD sub-model is being developed and calibrated using climate and hydrological observation data to generate a realistic WTD driver. An empirical relationship between temperatures and production/decay rates is being developed to facilitate simulation with dynamically changing production and decay rates. The calibrated peat temperature and moisture sub-models could be used to more realistically project the future changes in boreal peatland C storage under different climate warming scenarios.

This poster is available from:
I.D. Campbell
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Northern Forestry Centre
5320-122nd Street
Edmonton, AB T6H 3S5

ENFOR Project P-475

Development of an operational biomass production technology in the Haut-Saint-Laurent region (southwestern Quebec)

M. Labrecque

Institut de recherche en biologie végétale, Montreal, Quebec

Contractor's Report, 1999

This report describes the activities carried out over the past year (1998–1999) related to short-rotation intensive culture of willows, as part of a pilot study initiated in 1995. The pilot study led to the establishment of plantations on 9 ha of abandoned farmland in the Haut-Saint-Laurent region. In 1998, we initiated a second phase of activities, which consisted of monitoring regrowth and development of new stems (shoots) following an initial cutback in the fall of 1997. The second phase should last 4 yr (1998–2002) and will allow us to more effectively assess the applicability, limitations, and economic opportunities of this new silvicultural technique.

The research results described in this report are based on the growth, productivity, and nutritional performance of the two species of willow, *Salix discolor* and *S. viminalis*, grown on 6 ha (3 ha on a sandy site and 3 ha on a clayey site) over the first growing season (1998) following a cutback in the fall of 1997.

This paper is available from:
S. Masse
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C7

ENFOR Project P-476

Linking ecophysiology and forest productivity: An overview of the ECOLEAP project

P.Y. Bernier, R.A. Fournier, C.-H. Ung, G. Robitaille, G. Larocque, M.B. Lavigne, R. Boutin, F. Raulier, D. Paré, J. Beaubien, and C. Delisle

The Forestry Chronicle 75(3):417–421, May/June 1999

ECOLEAP is a Canadian Forest Service research project that is aimed at improving our understanding of the environmental controls on boreal and sub-boreal forest productivity and at developing tools for predicting stand-level forest productivity over large areas. This multidisciplinary project combines in a coordinated manner ecophysiological and soils research, remote sensing research, development of scaling up procedures, and process modelling of net primary productivity. The process research is carried out in different forest types across large climatic and productivity gradients. Modelling makes use of spatial interpolation of climatic data and of other numerical information. Remote sensing provides essential and timely stand information such as composition, leaf area index, and absorbed radiation that are not currently available in existing spatial databases. A geographic information system is used to integrate the diverse sources of data. Currently there are three modelling exercises being carried out within ECOLEAP to address different objectives of the project. Application of the various models will be conducted on extensive pilot regions, the first of which is located north of Quebec City.

This article is available from:
P.Y. Bernier
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C

ENFOR Project P-476

Mapping forest site potential at the local and landscape levels

C.-H. Ung, P.Y. Bernier, R.A. Fournier, and J. Régnière

In: Lowell, K.; Jaton, A. Eds. *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI. Chapter 50, p. 431–436

Monitoring net primary productivity (NPP) and assessing site potential at the landscape level are central issues for sustainable landscape management practices. The mapping of site potential involves the identification and measurement of key ecophysiological variables, their scaling-up at the landscape level, and the implementation of an ecophysiologically based method designed to assess site potential with remote sensing and GIS tools. Such a method will be suggested to support operational forestry. In particular, four information layers are of interest for an assessment of site potential: the digital elevation model (DEM), the drainage, the soil, and the forest cover types. The resulting information layers, essential for the calculation of site potential, are constructed from commercially available cartographic products at scales ranging from 1:1 000 000 to 1:20 000. Several issues related to spatial accuracy have been tested and validated for a pilot region of about 250 km^2. For instance, the impact of scale selection for each layer will be compared with extensive in situ surveys. The discrepancies between the GIS information layers and the in situ measurements will provide a rigorous framework to balance achievable cartographic precision with operational requirements. Our method for the assessment of site potential thus suggests a spatial scale of available cartographic products and remote sensing imagery for a map addressing the operational needs related to sustainable forest management.

This article is available from:
P.Y. Bernier
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C

ENFOR Project P-476

Pilot regions infobase for managing estimates of forest attributes on the Canadian territory

R.A. Fournier, L. Guindon, M. Wulder, J. Luther, R. Hall, J. Beaubien, and D. McKenney

Presented at the 22nd Annual Canadian Remote Sensing Symposium, Victoria, BC, August 21–25, 2000

Currently, there is a major gap in scale and content between the extensive ground data collected across Canada (mostly for forest management purposes) and national maps of forest attributes such as land cover , biomass, and productivity. This situation is particularly critical for map production from remote sensing products. The gap between local and national estimates has prevented large-scale validation of the national products, causing unknown uncertainty in estimates of the size of the national forest attributes. To serve map production and validation needs, we propose a "Pilot Regions Infobase for Managing Estimates of Forest Attributes on Canadian Territory" (PRIME FACT) as a vehicle to resolve the problem of scaling from stand to regional and national levels. PRIME FACT will also be used to validate models developed for the estimation of forest attributes over large landscapes.

The main objective of PRIME FACT is to provide a common framework of pilot region data sets that can be used by ecosystem modellers or forest managers working at regional, provincial, and national scales. Work within PRIME FACT focuses on three components, all based on the selection and implementation of a network of large, landscape-scale pilot regions. These pilot regions were selected to represent the major Canadian forest ecoregions as well as to capitalize on existing databases. The pilot regions were needed to devise operational procedures for scaling-up and down. The content of each component is (1) the compilation of information layers of pilot region infobases within a geographic information system (GIS); (2) the map generation for each pilot region of attributes that require either modelling or extensive data manipulation including forest cover type, stand biomass, and forest productivity; and (3) the comparison of forest estimates from different sources. Three types of information are required—forest, site, and climate. All are crucial for process modelling but remote sensing images were focused on the estimation of forest attributes. Extensive spatial data sets and fine-scale modelling for a network of large pilot regions established across Canada will provide a crucial link in the currently incomplete hierarchy of scale of Canadian forest data sets.

This article is available from:
R.A. Fournier
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C

ENFOR Project P-476

Spatial implementation of models in forestry

R.A. Fournier, L. Guindon, P.Y. Bernier, C.-H. Ung, and F. Raulier

The Forestry Chronicle (In Press)

Advances in GIS and digital remote sensing have facilitated the treatment of complex questions in forestry such as the estimation of forest biomass or modelling of forest productivity over the landscape. The availability of tools for spatially explicit implementation of models provides opportunities to integrate complex ecological concepts into resource management applications. This article provides guidelines and examples for implementing ecologically based models for spatially explicit applications in forest resource management. Project objectives vary greatly from one application to another; however, scaling issues, validation, error assessment, and methodology improvement are all questions that require a strategic approach. Three examples of spatial model implementations are provided that relate to mapping forest biomass, site index, and productivity. The suggested guidelines can be extended to other applications, in particular to those in resource management where either ecological modelling or the inclusion of new technologies such as remote sensing is required.

This article is available from:
R.A. Fournier
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C

ENFOR Project P-476

Spatial monitoring protocol to optimize the monitoring of forest entities with remote sensing digital images and GIS

R.A. Fournier, P.E. Bonhomme, and C.-H. Ung

In: Lowell, K.; Jaton, A. Eds. *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI. Chapter 45:383–391.

Today remote sensing sensors offer a wide selection of spatial resolutions to monitor forest conditions. Moreover, the increasing use of digital remote sensing tools raises the important question of the best sampling strategy to adopt. Four considerations must be addressed when selecting the appropriate ranges of spatial resolution using digital images: (1) image availability, (2) economic feasibility, (3) image calibration, and (4) scene entities. The optimal spatial resolution for digital imagery depends on the size of the entities composing the forest canopy and the clearness of their boundaries. This suggests a classification of the entities composing the forest landscape. In view of the diversity of entities associated with forest management, a strategy to define appropriate windows of spatial resolution is suggested. A spatial sampling strategy is related to the interpretation needs. Benefits, compromises, and limitations on the interpretation of canopy entities are discussed. Two specific strategies are proposed: the reductionist strategy requires the largest pixel size that describes the entities, and the descriptive strategy requires pixel oversampling. Guidelines are given to select the most adapted ranges of spatial resolution, for a given application or a study in forestry, with the use of digital remote sensing images.

This article is available from:
R.A. Fournier
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C

ENFOR Project P-478

First rotation harvest of willow demonstration farms and a final report on the development of willow biomass demonstration farms

W.A. Kenney and B.J. Vanstone

Contractor's Report, October 1999

Energy from biomass can make a valuable contribution to the diversification of Canada's energy supply and reduce our dependency on fossil fuels. This will necessitate

the production of large quantities of inexpensive biomass close to conversion facilities. The production of willows in dedicated, short-rotation intensive culture (SRIC) plantations appears to be an effective means of meeting these feedstock demands.

The establishment of a number of prototype farms has provided an opportunity to demonstrate and test this technology and to rank clones based on their performance in operational scale plantations.

This project established three prototype energy plantations in southern Ontario, consisting of replicated plots containing 1 000 stools of 13 willow clones selected from the University of Toronto collection. Planting was based on the Swedish two-row design with a density of approximately 15 000 stools/ha.

Clone SV1 (*Salix dasyclados*) produced the most biomass, with the best plot averaging 9 odt $\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$ (oven dry tonnes per hectare per year). Individual trees of Sx67 (*S. udensis*) yielded up to 14 odt$\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$. Clone SV1's top producers yielded about 13 odt$\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$, while 301's (*S. exigua* x *eriocephala*) yielded 12 odt$\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$. Plot averages show SV1 producing the most biomass averaged over a plot (9 odt$\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$), followed by Sx67 (7 odt$\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$) and 301 (5.7 odt$\cdot ha^{-1} \cdot yr^{-1}$). The best yields are in the acceptable range for energy plantations to be economically viable. These are first rotation yields and are thus less likely to represent the highest yields possible, since yield data is calculated over 3 yr, and crown closure does not occur in the first year of growth. Experience in Europe indicates that successive rotations produce higher yields, as the plantation is better established and able to utilize site resources.

Yields of less successful clones and plots are significant. Clones were originally selected for their performance in smaller scale plantations designed to propagate clones. It has been concluded that some of those original selections should be eliminated from further plantings. Results confirm some clones that have the potential to produce high yields are quite variable and may not be reliable across a variety of sites. The form of some of these clones prevents their use in operational scale plantations, as mechanization would be hampered. However, these clones do have great potential as breeding parents. They have the potential to produce high yields and have a high density wood, but they should be bred to capture form and disease resistance characteristics of other clones.

This report is available from:
S. Masse
Natural Resources Canada
Canadian Forest Service
Laurentian Forestry Centre
1055 du P.E.P.S. Street
P.O. Box 3800
Sainte-Foy, QC G1V 4C7

BULLETIN

Énergie
ENFOR
de la Forêt

Volume 20, 2000

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts

Natural Resources Canada
Canadian Forest Service

Canada

BULLETIN

Énergie ENFOR de la Forêt

Volume 20 2000

Énergie de la Forêt

Compilé par

J. Karau et C. Sved

Secrétariat du programme ENFOR

Service canadien des forêts

Ressources naturelles Canada

Publié par

Direction générale des sciences

Service canadien des forêts

Ressources naturelles Canada

Ottawa, 2001

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001
Numéro de catalogue Fo12-10/2000
ISBN 0-662-65347-5
ISSN 0714-5853

Exemplaires de cette publication disponibles gratuitement auprès de :

Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
Tél. : (613) 947-7341

Copies ou microfiches de cette publication en vente chez :

Micromédia Ltée
240, rue Catherine, bureau 305
Ottawa (Ontario)
K2P 2G8

Production : Paula Irving
Révision : Denis Rochon
Mise en page : S. Bernier
Traduction : Bureau de la traduction, Travaux publics et services gouvernementaux Canada

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Service canadien des forêts. Direction des sciences
Bulletin ENFOR : Énergie de la Forêt
Annuel.
Vol. 20 (2000)-
Texte en français et en anglais disposé tête-bêche.
Titre de la p. de t. addit. : ENFOR Review.
Fait suite à : Canada. Secrétariat du programme ENFOR.
Bulletin ENFOR.
ISSN 0714-5853
ISBN 0-662-65347-5 (livraison 2000)
N° de cat. Fo12-10/2000

1. Bioénergie—Recherche—Canada—Périodiques.
2. Bioénergie—Résumés analytiques—Périodiques.
3. Biomasse forestière—Recherche—Canada—Périodiques.
4. Biomasse forestière—Résumés analytiques—Périodiques.
I. Titre. II. Titre: Énergie de la forêt. III. Titre: Bulletin ENFOR.

TP360.C366 662'.88'072071 C98-901282-7F

Couverture : Vue aérienne, en 1997, d'une expérience FACE (Enrichissement en dioxyde de carbone libre) dans le nord du Wisconsin, aux États-Unis, après un reboisement dans des anneaux de 30 m de diamètre avec des boutures de cinq clones de peuplier faux-tremble, de bouleau à papier et d'érable à sucre. (Photo de D.F. Karnosky, Michigan Technological University, Houghton, MI)

Note de l'éditeur : Des modifications stylistiques ont parfois été apportées aux titres et aux textes afin d'assurer une uniformité dans la présentation de ce document.

Imprimé sur du papier recyclé

IMPRIMÉ AU CANADA

Imprimé sur du papier alcalin permanent

Table des matières

Préface v

Priorités ENFOR vii

Liste de projets ENFOR 1

Résumés des rapports disponibles 10

P-385 Effets de la récolte intensive sur les propriétés de la couverture morte des peuplements de *Betula papyrifera* à Terre-Neuve 10

Les différents systèmes lysimétriques employés en recherche pédologique : une revue 10

Un système lysimétrique pour la surveillance des transformations chimiques de la solution du sol 11

Pertes d'éléments nutritifs liées à l'exploitation et à la percolation profonde, dans trois peuplements de bouleaux à papier (*Betula papyrifera* [Marsh.]) du centre de Terre-Neuve 11

Concentrations de la solution du sol dans trois peuplements de bouleau à papier du centre de Terre-Neuve, par suite de récoltes de différentes intensités 12

P-451 Propriétés physiques des combustibles morts gisant sur le sol dans les forêts boréales de l'Alberta et des Territoires du Nord-Ouest 12

Propriétés physiques des combustibles morts gisant sur le sol dans les forêts boréales de l'Ouest et du Nord canadiens 13

P-453 Ouverture du couvert et surface foliaire dans des chronoséquences de forêts pluviales tempérées côtières 13

P-473 Élaboration de stratégies de récolte et d'aménagement intégré des forêts pour l'approvisionnement en biomasse dans les collectivités éloignées 14

P-474 Bilan du carbone du secteur canadien des produits forestiers 14

Évaluation globale des réserves et des flux de carbone dans une unité d'aménagement forestier de la cordillère boréale 15

Énergie, bioénergie et bilan du carbone du secteur canadien des produits forestiers 15

Dynamique du carbone passée et éventuelle dans les écosystèmes de la forêt boréale canadienne 16

Séquestration du carbone dans les forêts naturelles 16

Simulation de la réponse de la dynamique du carbone dans les tourbières boréales à des variations des teneurs effectives en eau, au moyen du modèle de Clymo basé sur les processus 17

P-475 Mise au point d'une technologie de production de biomasse opérationnelle dans la région du Haut-Saint-Laurent (au sud-ouest du Québec) 17

P-476 Établir un lien entre l'écophysiologie et la productivité des forêts : Un aperçu du projet ECOLEAP 18

Cartographie du potentiel des sites forestiers à l'échelle locale et à celle du paysage 18

Infobase des régions pilotes permettant de gérer les estimations des attributs des forêts sur le territoire canadien 19

Mise en œuvre spatiale de modèles en foresterie 19

Protocole de surveillance spatiale visant à optimiser la surveillance d'entités forestières à l'aide d'images de télédétection numérique et de SIG 20

P-478 Récolte de première rotation dans une plantation de saules expérimentale et rapport final sur le développement de plantations expérimentales de saule pour la biomasse 20

Préface

Cette publication propose des résumés de rapports récemment publiés par ENFOR (ÉNergie de la FORêt) ainsi qu'une liste actualisée des projets ENFOR.

ENFOR a été établi en 1978 dans le cadre d'une initiative interministérielle fédérale dont le but était de mettre en valeur les sources d'énergie renouvelable. Ce programme contractuel de recherche-développement (R-D) vise à générer un volume suffisant de connaissances et de technologies pour entraîner une augmentation marquée de la contribution de la biomasse forestière à l'approvisionnement énergétique du Canada.

Administré par le Service canadien des forêts (SCF), le programme ENFOR traite des questions d'approvisionnement en biomasse comme l'inventaire, la croissance, la récolte, le traitement, le transport et les effets sur l'environnement. De plus, le programme effectue des études sur les changements climatiques, notamment sur l'utilisation de la biomasse comme matière première et ses effets sur la séquestration du carbone.

Un comité de gestion scientifique surveille le déroulement du programme et établit l'ordre des priorités, évalue les propositions et formule des recommandations pour le financement. Les projets approuvés sont alors sous-traités au secteur privé ou mis en œuvre sur place. Bien que la plupart des idées de projet proviennent du personnel du SCF, les propositions de l'extérieur sont vivement encouragées et prises en considération. Ces dernières doivent être soumises au centre de foresterie approprié du SCF ou à l'administration centrale du SCF. Le programme suit l'exercice financier, du 1er avril au 31 mars, et les propositions sont évaluées chaque année à l'automne. Les fonds sont versés par l'entremise du Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GRDE) du gouvernement fédéral et du Bureau de recherche et de développement énergétiques (BRDE) de Ressources naturelles Canada. Environ 1 million de dollars sont consacrés chaque année aux projets ENFOR. Le programme assure normalement le financement total des études sous-traitées, bien qu'un financement partiel soit envisagé pour certains projets. Les résultats des projets appartiennent à l'État et sont mis à la disposition du public sur demande.

Le programme est coordonné par l'administration centrale du SCF, mais la plupart des projets sont administrés par l'un des cinq centres de foresterie du Service canadien des forêts situés aux quatre coins du pays. Les chercheurs qui travaillent dans ces établissements présentent des propositions de projet en fonction des priorités régionales et nationales, mettent en œuvre et gèrent les projets approuvés, participent à certaines activités de R-D à l'interne et préparent les rapports d'information. Un responsable scientifique est affecté à chaque projet pour suivre son avancement et servir de personne-ressource principale entre les entrepreneurs et les gestionnaires du programme ENFOR. La participation du personnel régional procure le point de vue local indispensable au succès de ce programme national.

Les résultats des études sont diffusés sous forme de rapports d'entrepreneurs ou publiés dans la série des rapports d'information du Service canadien des forêts ou dans des revues techniques. Des comptes rendus complets et détaillés des travaux sont disponibles. Il suffit d'écrire à l'adresse qui accompagne chacun des résumés pour se les procurer.

Pour d'autres précisions, communiquez avec le centre de foresterie du SCF le plus proche ou le Secrétariat ENFOR à l'administration centrale du SCF. Pour faire inscrire votre nom sur la liste nationale d'envoi, veuillez écrire au Secrétariat ENFOR.

Secrétariat ENFOR
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 7e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
(613) 947-8997
http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/prog/enfor_f.html

Centre de foresterie du Pacifique
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
506, West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique)
V8Z 1M5
(250) 363-0600
http://www.pfc.cfs.nrcan.gc.ca/main/index_f.html

Centre de foresterie du Nord
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta)
T6H 3S5
(403) 435-7210
http://www.nofc.forestry.ca/

Centre de foresterie des Grands Lacs
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
C.P. 490
1219, Queen Street East
Sault Ste. Marie (Ontario)
P6A 5M7
(705) 949-9461
http://www.glfc.forestry.ca/

Centre de foresterie des Laurentides
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec)
G1V 4C7
(418) 648-5850
http://www.cfl.forestry.ca/

Centre de foresterie de l'Atlantique
Service canadien des forêts
Ressources naturelles Canada
C.P. 4000
Fredericton (Nouveau-Brunswick)
E3B 5P7
(506) 452-3500
http://atl.cfs.nrcan.gc.ca/cfs/welcome_f.html

Note : Au cours des six premières années d'existence du programme ENFOR, de nombreux projets ont été entrepris dans le domaine de la conversion de la biomasse. Aujourd'hui, la Direction de la technologie de l'énergie de Ressources naturelles Canada est responsable de ce dossier. Pour tout renseignement, s'adresser au Groupe des technologies des énergies renouvelables, 580, rue Booth, Ottawa, Canada K1A 0E4, ou téléphoner au (613) 996-6226.

À ce jour, 316 projets ont été réalisés ou sont en cours. Ils sont énumérés selon l'exercice financier où ils ont été entrepris. Les projets pour lesquels un rapport est disponible sont accompagnés d'un astérisque (*).

Pour consulter une liste complète des études antérieures à 1990, visitez le site Web **http://nrcan.gc.ca/cfs/proj/sci-tech/prog/enfor/index_f.html**

Le programme ENFOR est financé par le Groupe interministériel de recherche et d'exploitation énergétiques (GRDE).

Priorités ENFOR

Priorités actuelles du programme ENFOR

1. **Changements climatiques**

   Étudier les cycles des gaz à effet de serre dans les écosystèmes forestiers et leur contribution au bilan du carbone, incluant les outils d'analyse pour l'évaluation des projets de production de biomasse forestière et des options visant à réduire les émissions des gaz à effet de serre.

2. **Sylviculture intensive**

   Concevoir et mettre à l'essai des méthodes et des systèmes visant à accroître la productivité de la biomasse forestière.

3. **Effets sur l'environnement**

   Évaluer les effets sur l'environnement d'une intensification de la production et de la récolte de biomasse à des fins énergétiques en définissant les répercussions de la production de biomasse et des méthodes de production sur le renforcement et le maintien des écosystèmes forestiers comme puits et réservoirs du carbone atmosphérique et en atténuant la consommation d'énergie fossile.

4. **Transfert de technologie**

   Diffuser les résultats du programme aux éventuels utilisateurs sous une forme facilement accessible.

5. **Leadership international**

   Permettre au SCF de jouer un rôle directeur dans les collaborations internationales dans le domaine des recherches bioénergétiques par sa participation à l'Entente sur la bioénergie de l'Agence internationale de l'énergie.

Liste des projets ENFOR

Projets entrepris durant l'année financière 1990–1991

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-390	Outreach Productions Keswick (Nouveau-Brunswick)	Récolte d'arbres entiers et productivité durable du site
P-392	Université de Toronto L. Zsuffa Toronto (Ontario)	Évaluation de clones de saule à grand rendement et efficaces du point de vue de l'environnement pour les plantations de biomasse et la production de fibres
*P-393	Plusieurs entrepreneurs	Utilisation de la transformation génétique pour modifier la performance en croissance du peuplier hybride
P-394	Université d'Ottawa D.A. Johnson Ottawa (Ontario)	Sélection et évaluation d'isolats de *Frankia* : caractérisation de lignée par cartographie d'ADN
P-395	Hugh Hamilton Ltd. Edmonton (Alberta)	Suite d'une étude de cas de la productivité de la biomasse dans des coupes à blanc de jeunes peupliers faux-trembles du centre-nord de l'Alberta
P-397	Plusieurs entrepreneurs	A. Achèvement et rapport de l'évaluation par Forêts Canada du modèle de référence FORCYTE-11 B. Évaluation de la faisabilité et du coût de la révision de FORCYTE-11 en vue de son application aux questions du changement climatique
P-399	Sterling Wood Group Inc. Victoria (Colombie-Britannique)	Préparation d'un manuel pour l'aménagement des terrains boisés de la Colombie-Britannique en vue de la production de bois de chauffage
*P-400	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique	Effets de la sylviculture intensive (fertilisation et éclaircie) sur la qualité et la distribution en profil de matière organique du sol dans un écosystème de jeunes douglas taxifoliés
*P-401	Environmental and Social Systems Analysts Vancouver (Colombie-Britannique)	Résumé de l'utilisation et des besoins d'énergie dans le secteur forestier du Canada
P-402	D. Sachs Kamloops (Colombie-Britannique)	Évaluation de FORCYTE-11-4.1a comme simulateur de l'impact à long terme de la récolte forestière et de l'aménagement intensifs du douglas taxifolié

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Projets entrepris durant l'année financière 1991–1992

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-403	Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) Vancouver (Colombie-Britannique)	Colloque canado-américain sur les conséquences du changement climatique pour la gestion forestière sur la partie nord-ouest du littoral du Pacifique
*P-404	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique	Effets de la conversion de forêts à maturité en forêts aménagées : variation de la quantité de carbone et de la concentration en sels nutritifs des espèces qui succèdent à la récolte
*P-405	Triton Environmental Consultants Ltd. Richmond (Colombie-Britannique)	Effets de la récolte intensive de biomasse sur la production et l'entraînement dans les cours d'eau de sédiments
P-406	Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC) Vancouver (Colombie-Britannique)	Effets du passage de la machinerie sur les propriétés physiques des sols dans des secteurs dont la biomasse est récoltée. Étape II : terrain plat à terrain en pente légère
P-407	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique	Décomposition et cheminement du carbone dans la litière forestière produite par des éclaircies précommerciales dans des écosystèmes de douglas taxifoliés
P-408	M. Eismont Edmonton (Alberta)	Élaboration d'un système de prise de décision applicable à la gestion du peuplier faux-tremble
*P-410	Université de la Colombie-Britannique K. Brown Vancouver (Colombie-Britannique)	Arbres à croissance rapide : essais hâtifs et adaptation au milieu
*P-411	Plusieurs entrepreneurs	Le pin gris peut-il être géré d'une manière acceptable du point de vue de l'environnement pour la production d'énergie?
*P-412	Plusieurs entrepreneurs	Évaluation cellulaire et physiologique de l'utilisation de l'azote chez *Salix* et *Populus*
P-413	Weyerhaeuser Canada Penticton (Colombie-Britannique)	Plantation intercalaire d'aulnes de Sitka et de pins tordus latifoliés
*P-414	Plusieurs entrepreneurs	Mise au point de préparations d'engrais pour améliorer la productivité des peupliers dans le sud-est de l'Ontario
P-415	Université Laval Sainte-Foy (Québec)	Stratégies visant l'utilisation des rémanents laissés le long des routes

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
*P-416	Université de Moncton Edmundston (Nouveau-Brunswick)	Incidences économiques des variations de croissance et de rendement ainsi que d'établissement des peuplements par suite de l'enlèvement de biomasse en vue de la production énergétique, avec et sans fertilisation de compensation
P-417	The Hub St. John's (Terre-Neuve)	Variations (génétiques) par écotype de la croissance dans des populations naturelles de *Salix discolor* Mühl.

Projets entrepris durant l'année financière 1992–1993

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-418	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par la Région des Maritimes	Analyse de données pour le projet P-384
*P-419	Ville de Montréal Jardin botanique Montréal (Québec)	Utilisation des boues d'épuration dans la culture intensive à courte rotation
*P-420	REAP-Canada Ste-Anne-de-Bellevue (Québec)	Évaluation technologique et perfectionnement de la foresterie à courte rotation pour la production d'énergie
P-421	Plusieurs entrepreneurs	Liens entre la fertilisation efficace et le cycle interne de l'azote dans le peuplier
P-422	Université de Guelph Guelph (Ontario)	Potentiel économique d'options sylvicoles de rechange pour l'énergie de biomasse dans le nord de l'Ontario
P-423	Environmental and Social Systems Analysts Ltd. Vancouver (Colombie-Britannique)	Application du Modèle du bilan du carbone des activités du secteur forestier canadien (MBC-SFC) dans le contexte des politiques en matière d'énergie
*P-424	Conseil du peuplier du Canada Edmonton (Alberta)	État des systèmes de production pour les exploitations forestières énergétiques
P-425	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique	Conférence sur le transfert de technologie pour la biomasse forestière et les possibilités de cogénération en Colombie-Britannique
*P-426	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique	Transformations des pools de C organique dans les écosystèmes forestiers de la zone côtière de la Colombie-Britannique

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
*P-427	Forestry Expert Systems Truro (Nouvelle-Écosse)	Evaluation économique des possibilités d'amélioration forestière et de l'incidence d'un marché de biomasse combustible pour une centrale de cogénération d'énergie du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse
*P-428	L.-J. Lussier Sainte-Foy (Québec)	Analyse financière de la commercialisation simultanée de produits forestiers traditionnels et de biomasse utilisée comme source d'énergie, provenant de plantations

Projets entrepris durant l'année financière 1993–1994

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
*P-429	Université de Toronto A. Kenney, Toronto	Démonstration des plantations énergétiques de saules
*P-430	Jardin botanique de Montréal	Maximisation de la production de la biomasse des saules par la ligniculture à courte révolution dans le sud du Québec
P-431	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par l'Institut forestier national de Petawawa.	Estimations nationales de la biomasse forestière du Canada — Inventaire forestier de l'IFNP
*P-432	Université de Toronto L. Zsuffa	Examen et évaluation de l'amélioration génétique ainsi que proposition de stratégie pour les saules ayant le port d'un arbre
*P-433	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par l'Institut forestier national de Petawawa.	Évaluation de la productivité de la biomasse chez le peuplier hybride soumis à un traitement expérimental de dépressage
P-434	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Grands Lacs	Percées récentes dans la ligniculture à courte révolution
*P-435	ESSA Technologies Ltd. Vancouver	Publication des résultats des applications du modèle du bilan du carbone dans le secteur forestier canadien (modèle MBC-SFC) et construction d'un modèle pour les rapports sur l'état de l'environnement et sur l'état des forêts

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Projets entrepris durant l'année financière 1994–1995

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
*P-436	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique	Étude de la production de bois de feu destiné aux ménages de Terre-Neuve, etc.
P-437	Poulin, Thériault Inc. Québec (Québec)	Biomasse énergétique, aménagement forestier et développement économique régional : élaboration d'un modèle interrelié et analyse de faisabilité d'un projet dans la forêt modèle du Québec
*P-438	Plusieurs entrepreneurs	Effet de la fertilisation et du désherbage sur le bilan nutritionnel du sol et sur la croissance de peupliers hybrides
*P-439	Plusieurs entrepreneurs	Optimisation de la croissance de *Populus* grâce à des apports adéquats de macroéléments et d'oligoéléments fertilisants et à un épandage en temps opportun
P-440	Université de Toronto, R. Gambles Toronto (Ontario)	Poursuite des activités de lutte contre les mauvaises herbes dans les plantations d'Iroquois et de Berwick (Ontario) établis en 1991 et 1992 dans le cadre d'ENFOR
*P-441	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Grands Lacs	Impact et répression des ravageurs dans des plantations de peupliers et de saules à courtes révolutions
P-442	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Grands Lacs	Système de surveillance à la phéronome des populations de spongieuse dans les peupleraies et les plantations en culture intensive à courtes révolutions destinées à la production de biomasse
*P-443	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique, l'Institut forestier national de Petawawa, le Centre de foresterie du Nord et le Centre de foresterie du Pacifique.	Évaluation des rétroactions potentielles des écosystèmes forestiers canadiens sur le cycle planétaire du carbone, dans le contexte d'un réchauffement climatique dû à l'effet de serre
*P-444	Essa Technologies Ltd. Vancouver (Colombie-Britannique)	Évaluation du modèle de bilan du carbone du SCF : comparaison de la répartition dans les écosystèmes forestiers de la région côtière de la Colombie-Britannique

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Projets entrepris durant l'année financière 1995–1996

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-445	Forestry Expert Systems Truro (Nouvelle-Écosse)	Stratégie économique à long terme pour l'intégration de la récolte du bois de chauffage, la sylviculture et le développement socio-économique en milieu rural
*P-446	Institut de recherche en biologie végétale Sherbrooke (Québec)	Technologie opérationnelle utilisée pour tirer de l'énergie de la biomasse dans la région du Haut-Saint-Laurent, au Québec
*P-447	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Laurentides	Contribution de la récolte de la biomasse au financement de la sylviculture
P-448	Faculté de foresterie Université de Toronto Toronto (Ontario)	Entretien de plantations de saules arborescents pour la production de biomasse
P-449	Centre de foresterie des Grands Lacs et Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario Sault Ste. Marie (Ontario)	Évaluation du potentiel économique de la biomasse forestière « résiduaire »
P-450	Faculté de foresterie Université de Toronto Toronto (Ontario)	Faisabilité sur le plan social, économique et environnemental du chauffage collectif au bois dans une communauté autochtone éloignée
*P-451	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Nord	Propriétés physiques des combustibles à base de bois rond mort et abattu dans l'ouest et le nord du Canada
*P-452	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Nord	Application du MBC-SFC2 à l'évaluation annuelle des bilans du carbone dans les forêts à l'échelle régionale et provinciale
*P-453	Aucun entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique	Effet de la transformation de forêts anciennes en forêts aménagées : changements dans l'étage dominant et dans la teneur totale en éléments nutritifs des sites dans les chronoséquences des forêts de la côte de la Colombie-Britannique

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Projets entrepris durant l'année financière 1996–1997

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-454	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique et le Centre de foresterie des Grands Lacs.	Validation des données sur l'impact de l'exploitation par arbres entiers
P-455	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique.	Influence des essences d'arbre sur la productivité des sites
P-456	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Grands Lacs.	Locus des caractères quantitatifs dans la génération F2 des peupliers hybrides
P-457	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Grands Lacs.	Impact de la récolte de la biomasse sur la diversité des sols
P-458	Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto (Ontario)	Exploitations modèles de la biomasse du saule
P-459	Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto (Ontario)	Documentation des traits génétiques du peuplier et du saule
P-460	Faculté de foresterie, Université de Toronto, Toronto (Ontario)	Clonage du saule pour la production de biomasse et de fibre
P-461	Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Nord et le Département de sciences biologiques de l'Université d'Alberta.	Limites de la productivité des jeunes peupliers faux-trembles
P-462	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Nord.	Production énergétique dans les boisés privés en Alberta
*P-463	Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique et l'Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), division de l'Ouest.	Utilisation des résidus fins de triage de grumes
*P-464	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Pacifique.	Systèmes de lutte contre les insectes en régime SCR en Colombie-Britannique

Projets entrepris durant l'année financière 1997–1998

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-465	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique et le Centre de foresterie des Grands Lacs.	Synthèse d'expériences sur la productivité des sites

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-466	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique et le Centre de foresterie des Laurentides.	Cycle du carbone dans les écosystèmes des forêts de l'est du Canada
P-467	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie de l'Atlantique.	Estimation de la biomasse souterraine du bouleau à papier à Terre-Neuve
*P-468	Consultants forestiers DGR Inc., Québec (Québec)	Récupération d'aires d'ébranchage de peuplements feuillus à des fins de production d'énergie
P-469	Travaux réalisés par le Département de biologie, Université Queen's, Kingston (Ontario) et Performance Plants Inc., Kingston (Ontario).	Augmentation de la production de biomasse du peuplier par génie génétique
*P-470	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Laurentides.	Modélisation des cycles du carbone, de l'eau et des éléments nutritifs dans des sites supportant 3 types forestiers de l'est du Canada
P-472	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie des Grands Lacs.	Aide à la décision dans la répression des ravageurs du peuplier et du saule
*P-473	Entrepreneurs divers	Biomasse énergétique forestière pour les communautés éloignées
*P-474	Pas d'entrepreneur. Travaux réalisés par le Centre de foresterie du Nord.	Modélisation du bilan du carbone et analyse systématique dans les projets d'atténuation des émissions de carbone

Projets entrepris durant l'année financière 1998–1999

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
*P-475	Institut de recherche en biologie végétale, Montréal (Québec)	Mise au point d'une technologie opérationnelle de production de biomasse dans la région du Haut-Saint-Laurent (sud-ouest du Québec)
*P-476	Pas d'entrepreneur. Travaux exécutés par le Centre de foresterie du Pacifique, Victoria (C.-B.)	Méthode spatialement explicite de surveillance de la biomasse forestière à partir de données captées à distance à l'aide de paramètres de l'inventaire et de la structure des forêts
P-477	Université de Toronto, Faculté de foresterie, Toronto (Ontario)	Achèvement de la documentation et de l'évaluation des essais génétiques sur le peuplier et le saule en Ontario en rapport avec les plantations à biomasse énergétique et la production de fibre
*P-478	Université de Toronto, Faculté de foresterie, Toronto (Ontario)	Récolte de première rotation d'une ferme de démonstration de biomasse de saule

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-479	Pas d'entrepreneur. Travaux exécutés par le Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario)	Production de biomasse et séquestration du carbone dans une forêt d'essences boréales mélangées de deuxième venue influencée par des pratiques de gestion et de récolte
P-480	Pas d'entrepreneur. Travaux exécutés par le Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta)	Réponses transitoires de la biomasse forestière du Canada aux changements climatiques

Projets entrepris durant l'année financière 1999–2000

Numéro du projet	Entrepreneur	Titre
P-481	Pas d'entrepreneur. Le projet est mené par le Centre de foresterie de l'Atlantique, Fredericton (N.-B.)	Enrichissement en dioxyde de carbone libre (FACE, Free-air carbon dioxide enrichment) : Stockage et séquestration du carbone libre (Facts II, Free-air carbon sequestration and storage) — FACE du tremble
P-482	Pas d'entrepreneur. Le projet est mené par le Centre de foresterie des Laurentides, Sainte-Foy (Québec)	Intégration de l'inventaire terrestre, du SIRS et de la télédétection pour l'estimation de la biomasse
P-483	Pas d'entrepreneur. Le projet est mené par le Centre de foresterie des Grands Lacs, Sault Ste. Marie (Ontario)	Bilan du carbone des forêts canadiennes : Lutte contre les feux de forêt et les insectes dans un climat en évolution
P-484	Pas d'entrepreneur. Le projet est mené par le Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta)	Modification du modèle actuel du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC2)
P-485	Pas d'entrepreneur. Le projet est mené par le Centre de foresterie du Nord, Edmonton (Alberta)	État de l'évaluation scientifique du bilan du carbone de la zone boréale
P-486	Institut canadien de génie forestier, Vancouver (Colombie-Britannique)	Évaluation du cycle de vie des déchets de coupe laissés sur les zones de triage de terre ferme

*L'astérique indique les projets dont on peut obtenir un rapport.

Résumés des rapports disponibles

Projet ENFOR P-385

[Effets de la récolte intensive sur les propriétés de la couverture morte des peuplements de *Betula papyrifera* à Terre-Neuve]

B.A. Roberts, K.W. Deering et B.D. Titus

Journal of Vegetation Science 9:521–528

Betula papyrifera (le bouleau à papier) est un arbre commun dans l'ensemble de la forêt boréale canadienne et il représente 12 % du volume d'arbres total de l'île de Terre-Neuve. Il forme des peuplements purs par suite de perturbations telles que les récoltes et les feux de forêt, et on le retrouve dans la majorité des peuplements de résineux. On connaît peu de choses sur les répercussions environnementales d'une récolte conventionnelle (tige seulement) ou par arbres entiers de cette espèce et sur l'importance relative des conditions du sol et du site à cet égard.

Cette étude vise à décrire la production de litière et de matière organique, de même que l'écologie de neuf peuplements de qualité moyenne à élevée de *Betula papyrifera*, à trois endroits au centre de Terre-Neuve qui présentent une variété de formes de relief et de conditions de drainage. Trois site, Badger West (BW), Moose Pond (MP) et Middleton Lake (ML) ont été choisis. Le site ML a la meilleure qualité d'arbres (le meilleur ratio hauteur/âge, 18 m/60 ans, et le meilleur ratio hauteur/dhp, 18 m/30 cm), suivi des sites MP et BW. La profondeur de la litière sur des moders ou des mulls bien développés était généralement de 2 à 3 cm et variait de 1 à 15 cm. La profondeur de la couverture morte de la forêt (mesurée dans 324 profils) atteignait rarement 20 cm et était généralement de 5 à 10 cm, suivant la position et le site. L'analyse des concentrations d'éléments nutritifs totaux et disponibles indique que *B. papyrifera* produit une matière organique de très haute qualité par rapport aux autres types forestiers locaux et qu'il joue donc un rôle important dans l'amélioration de la qualité du site. La concentration moyenne de N dans le feuillage vert (2,21 %) et la litière prélevée (1,03 %) était la plus élevée dans le site de la meilleure qualité, ML, puis dans les sites MP et BW. La concentration de calcium, de 0,85 % en moyenne, était la plus importante dans le site de la moins bonne qualité. Quatre ans après la récolte, la profondeur de la litière avait diminué significativement pour tous les sites et traitements, à l'exception de la récolte par arbres entiers dans le site BW. La profondeur totale de la couverture morte avait diminué significativement dans tous les sites ayant subi la récolte de la tige seulement, de même que dans le site MP où la récolte a été faite par arbres entiers.

Une baisse significative de la concentration d'azote disponible a été observée à la suite des deux types de récolte dans les sites MP et BW. La variation de la concentration de phosphore disponible était négligeable pour tous les traitements à l'exception de la récolte conventionnelle dans le site MP, pour lequel une hausse a été notée. La concentration de potassium disponible a diminué de manière significative dans le cas de la récolte par arbres entiers dans les sites ML et BW, mais une hausse significative a été notée pour la récolte conventionnelle de ML et MP. Une baisse significative de la concentration de calcium disponible a été observée pour les deux traitements dans les sites MP et BW.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
B.D. Titus
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5

Projet ENFOR P-385

[Les différents systèmes lysimétriques employés en recherche pédologique : une revue]

B.D. Titus et M.K. Mahendrappa

Rapport d'information N-X-301, Février 1996, 113 pages

On utilise les systèmes lysimétriques depuis plusieurs années dans les milieux agricole et forestier pour obtenir, en provoquant le moins de perturbations possible, des échantillons de solution du sol destinés à l'étude du cycle des éléments nutritifs. Des études méthodologiques et des progrès techniques réalisés récemment ont donné lieu à une grande diversification des méthodes de conception et d'installation des systèmes lysimétriques. Ce rapport traite de la documentation relative à la surveillance effectuée dans les domaines de l'agriculture, de la foresterie et des eaux souterraines; il fait état des concepts actuels qui conviennent aux recherches forestières axées sur le cycle des éléments nutritifs. Il donne un court historique de la lysimétrie et expose une méthode de classification fonctionnelle qui sert ensuite de cadre à une discussion portant sur les divers modèles de systèmes lysimétriques. L'incidence de la conception des systèmes lysimétriques sur les outils d'échantillonnage est abordée brièvement et la documentation concernant l'effet des matériaux de construction sur la contamination de la solution du sol est tabulée. Des questions d'ordre statistique sont examinées, surtout en ce qui a trait à la détermination de la taille des échantillons et à la diffusion des données. Comme cet ouvrage porte essentiellement sur la conception, certains des aspects généraux de la lysimétrie ne sont pas explorés. Toutefois, un grand nombre de travaux sont cités pour per-

mettre aux travailleurs, en particulier à ceux qui s'intéressent à la lysimétrie pour la première fois, de s'informer des sujets connexes.

Pour obtenir une copie de ce rapport, s'adresser à :
B.D. Titus
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5

Projet ENFOR P-385

[Un système lysimétrique pour la surveillance des transformations chimiques de la solution du sol]

B.D. Titus, D.G.O. Kingston, C.M. Pitt et M.K. Mahendrappa

Revue canadienne de la science du sol 80:219–226

Dans les zones tempérées septentrionales et dans les zones boréales, l'échantillonnage en continu de la solution du sol au moyen d'un système lysimétrique requiert i) que le lysimètre puisse être installé en perturbant le sol le moins possible ii) qu'il soit suffisamment petit pour être installé en sol pierreux, mais assez grand pour produire un échantillon représentatif de la solution du sol, iii) qu'il soit exposé à une tension constante capable d'intégrer la collecte des échantillons du sol en continu et iv) qu'il ne risque pas de se briser en conditions de gel. Les auteurs ont construit un dispositif qui répond à ces exigences : il consiste en un lysimètre (une plaque de verre frittée montée sur un bâti en verre) relié en série à une bouteille porte-échantillon et à un dispositif générateur de tension. Le bâti en verre du lysimètre a deux ouvertures, l'une pour l'écoulement continu de la solution du sol dans la bouteille porte-échantillon et l'autre qui peut servir i) à l'entrée d'air pour faciliter la vidange complète de l'échantillon, ii) au nettoyage, iii) au réhumectage de la plaque de verre frittée ou iv) au remplissage du lysimètre avec de l'alcool en guise de protection pendant l'hiver. Une colonne d'eau suspendue de 1 m sert à maintenir une tension constante à approximativement 10 kPa. Un taux d'efficience potentiel de 93 % peut être obtenu pour la collecte de l'échantillon et les dispositifs sont en mesure d'échantillonner la solution du sol endessous des horizons organiques, de même que dans la zone racinaire des horizons minéraux. Le système est actuellement employé pour évaluer les effets de divers modes de récolte et pratiques sylvicoles sur les cycles des éléments nutritifs dans le sol. Près de 700 de ces systèmes lysimétriques sont en service dans les provinces canadiennes de l'Atlantique. Ils ont toujours bien fonctionné depuis qu'ils sont en place, soit depuis plus de 10 ans et ils constituent un outil fiable pour la surveillance continue de la solution du sol.

Pour obtenir une copie de ce rapport, s'adresser à :
B.D. Titus
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5

Projet ENFOR P-385

[Pertes d'éléments nutritifs liées à l'exploitation et à la percolation profonde, dans trois peuplements de bouleaux à papier (*Betula papyrifera* [Marsh.]) du centre de Terre-Neuve]

B.D. Titus, B.A. Roberts et K.W. Deering

Revue canadienne de la science du sol 78:127–137

On a déterminé les effets de la récolte conventionnelle (tiges seulement) et de la récolte d'arbres entiers sur les pertes en éléments nutritifs dans la biomasse enlevée et dans les flux de lessivage, au cours de la période de trois ans qui a suivi la coupe de trois peuplements de bouleaux à papier au centre de Terre-Neuve. Dans ces peuplements, les pertes d'éléments nutritifs étaient proportionnellement plus élevées lorsque la récolte était plus intensive, puisque cette dernière entraînait l'extraction de composantes de l'arbre à teneurs plus élevées en éléments nutritifs (branches, feuillage). Avec la récolte conventionnelle, les teneur en N, P, K, Ca et Mg dans la biomasse ont été réduites, respectivement, de 126, 9, 51, 126 et 23 kg ha^{-1}. En comparaison de la récolte limitées aux tiges, la récolte des arbres entiers n'a fait augmenter que de 19 % la perte de biomasse, mais elle a fait augmenter de 127, 138, 151, 72 et 90 %, respectivement, les pertes de N, P, K, Ca et Mg. Les pertes d'éléments nutritifs par lessivage profond de la solution du sol au cours des trois premières années suivant la récolte ont été généralement plus importantes après la récolte conventionnelle qu'après celle d'arbres entiers. Cette situation pourrait être attribuable à une augmentation du lessivage des rémanents, à une minéralisation accrue sous les rémanents ainsi qu'à une restriction de la régénération causée par les rémanents, lesquels peuvent agir comme puits pour les éléments nutritifs. Au cours des trois années suivant la récolte, les pertes par lessivage ont été de 4, 0,2, 8, 23 et 7 kg ha^{-1} de N, P, K, Ca et Mg, respectivement, sur les sites de récolte d'arbres entiers, comparativement à 9, 0, 1, 7, 28 et 9 kg ha^{-1}, respectivement, sur les sites de récolte de troncs seulement. Les pertes d'éléments nutritifs par lessivage étaient généralement réduites par rapport aux pertes d'éléments nutritifs par suppression de la biomasse.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
B.D. Titus
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5

Projet ENFOR P-385

[Concentrations de la solution du sol dans trois peuplements de bouleau à papier du centre de Terre-Neuve, par suite de récoltes de différentes intensités]

B.D. Titus, B.A. Roberts et K.W. Deering

Biomass and Bioenergy 13(4/5):313–330

Les variations des concentrations en éléments nutritifs (NH_4-N, NO_3-N, PO_4-P, K, Ca, Mg, pH) dans la solution du sol, suivant une récolte conventionnelle (tiges seulement) ou d'arbres entiers, ont été étudiées dans trois peuplements de bouleau à papier sur des sites de différentes qualités (bonne, intermédiaire, riche) au centre de Terre-Neuve, à l'aide de lysimètres à coupelles poreuses. Dans les sites bons et intermédiaires, les concentrations d'ammonium n'ont pas été trop touchées par la coupe, mais elles ont augmenté après la récolte conventionnelle dans le site riche, une augmentation qui a persisté pendant trois ans. Les concentrations de nitrates ont augmenté davantage dans le site de qualité intermédiaire que dans le site de bonne qualité, mais c'est dans le site le plus riche que ces hausses ont été les plus faibles. Ces résultats sont attribués à une combinaison d'absorption par des régénérations préétablies plus vigoureuses (surtout des aulnes) dans le site riche, de même qu'à une plus grande teneur en eau du sol qui a limité la nitrification. La récolte n'a pas eu trop d'effets sur les concentrations de phosphore. Les concentrations de potassium ont augmenté immédiatement après la récolte, alors que le K percolait des rémanents, dans le cas de la récolte conventionnelle, des restes de plantes et de la couverture morte, puis elles ont diminué avec l'épuisement de ces sources. L'absorption par la végétation et le lessivage associés aux mouvements de NO_3-N étaient également des mécanismes de contrôle à certains sites. Une corrélation a été observée entre les concentrations de Ca et de Mg. Ces concentrations ont d'abord augmenté avec la récolte, puis diminué dans les deux sites les plus riches en deçà des valeurs des peuplements témoins, au bout de trois ans, après une récolte par arbres entiers. Les variations des concentrations de Ca et de Mg étaient associées au NO_3-N dans les sites pour lesquels une hausse significative des concentrations de NO_3-N a été observée après la récolte. L'acidité a diminué dans le site de bonne qualité pour les deux types de récolte; elle a augmenté après la récolte conventionnelle mais diminué après la récolte par arbres entiers dans le site intermédiaire; et elle a augmenté dans le site riche pour les deux types de récoltes. Les concentrations d'éléments nutritifs dans la solution du sol étaient généralement supérieures lorsque les rémanents étaient laissés sur place, comme dans la récolte conventionnelle, plutôt qu'enlevés comme dans la récolte par arbres entiers. Ces résultats sont attribués à une augmentation de la minéralisation sous les rémanents accompagnée d'une augmentation du lessivage des rémanents et d'une réduction de l'absorption par les plantes. En général, les données relatives à la solution du sol laissent penser que les effets de la récolte ont duré moins de trois ans pour la majorité des éléments nutritifs dans ces peuplements de bouleau à Terre-Neuve, et que la récolte d'arbres entiers a eu généralement moins d'effets sur les concentrations d'éléments nutritifs que la récolte conventionnelle. Toutefois, cela ne veut pas nécessairement dire que les pertes nettes étaient inférieures dans la récolte par arbres entiers puisque les valeurs mesurées ne tiennent pas compte des flux ou des pertes d'éléments nutritifs dans les rémanents.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
B.D. Titus
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5

Projet ENFOR P-451

[Propriétés physiques des combustibles morts gisant sur le sol dans les forêts boréales de l'Alberta et des Territoires du Nord-Ouest]

I.A. Nalder, R.W. Wein, M.E. Alexander et W.J. de Groot

Journal canadien de recherche forestière 27(9):1513–1517

La quantité de combustibles morts gisant sur le sol est habituellement estimée à l'aide de la méthode d'échantillonnage linéaire. L'utilisation de cette méthode nécessite la connaissance de la densité, de l'inclinaison et du diamètre de ces rémanents. Ces valeurs sont présentées ici pour six espèces forestières commerciales importantes, obtenues lors d'inventaires de rémanents et d'arbres tombés naturellement au sol, dans quatre régions de la forêt boréale de l'Ouest canadien. La très grande variation observée selon la classe de diamètre, l'espèce et le type forestier et, dans une moindre mesure, la région, laisse supposer que des valeurs spécifiques amélioreront les estimations de la charge de combustibles. Ces trois variables sont combinées en un seul facteur qui, multiplié par le nombre d'intersections par mètre de transect d'échantillonnage, permet de calculer facilement la charge de combustibles (mégagrammes par hectare).

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
M.E. Alexander
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-451

[Propriétés physiques des combustibles morts gisant sur le sol dans les forêts boréales de l'Ouest et du Nord canadiens]

I.A. Nalder, R.W. Wein, M.E. Alexander et W.J. de Groot

International Journal of Wildland Fire (à l'impression)

La quantité de combustibles morts gisant sur le sol dans les forêts est généralement estimée à l'aide de la méthode d'échantillonnage linéaire. Cette estimation de la masse de bois par unité de surface pour chaque catégorie de taille suppose la connaissance de la densité moyenne, de l'inclinaison et du diamètre des pièces. Ces valeurs sont présentées ici pour les matériaux de bois rond morts et gisant au sol de moins de 7 cm de diamètre, obtenues lors d'inventaires de rémanents et d'arbres tombés naturellement au sol, pour six régions de la forêt boréale de l'Ouest et du Nord canadiens et pour huit espèces communes dans ces régions. Une variation considérable a été observée pour ces trois variables : la densité moyenne variait de 0,34 à 0,65 Mg/m^3, l'inclinaison, de 5 à 33° et le diamètre au carré moyen, de 31 % en dessous à 71 % au-dessus du point médian de la classe. Les valeurs pour chacune étaient fortement liées à la classe de taille, à l'espèce, au type de combustible et à la région. Il est conclu que l'emploi de valeurs provenant d'autres zones d'étude ou espèces peut mener à des imprécisions importantes dans l'estimation, pour les sites de la région d'étude, des quantités de combustibles de bois rond morts et gisant au sol, même si la précision en bout de ligne dépend davantage de la longueur de la ligne d'échantillonnage. Ces trois variables sont combinées en un seul facteur qui, multiplié par le nombre d'intersections par mètre de transect d'échantillonnage, permet de calculer facilement la charge de combustibles.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
M.E. Alexander
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-453

[Ouverture du couvert et surface foliaire dans des chronoséquences de forêts pluviales tempérées côtières]

G.W. Frazer, J.A. Trofymow et K.P. Lertzman

Journal canadien de recherche forestière 30:239–256

Les différences spatiales et temporelles relatives à l'ouverture du couvert et à la surface foliaire effective (SF_e) ont été examinées dans une série de huit chronoséquences forestières situées dans le sud de l'île de Vancouver (Colombie-Britannique). Les attributs structuraux ont été mesurés à l'ouest et à l'est de l'île dans des peuplements jeunes, mûrs et vieux, à l'aide de la photographie hémisphérique et de l'analyseur de couvert végétal LAI-2000. Selon les observations, le couvert des vieilles forêts était différent de celui des peuplements plus jeunes : il était plus ouvert, plus hétérogène dans son ouverture et il conservait une SF_e plus faible. Même si la tendance générale de croissance des forêts était semblable pour les différents sites étudiés, des différences entre les sites, concernant le taux et l'amplitude de cette croissance dans le temps, indiquaient que des facteurs spécifiques jouaient un rôle important dans chacun des sites pour ce qui est du caractère des couverts forestiers et de leur développement. Les changements les plus importants dans la structure du couvert ne sont apparus qu'aux derniers stades de développement du peuplement (150 à 200 ans). Les peuplements dominés par le douglas vert (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) sur la côte est de l'île étaient, en moyenne, plus ouverts, plus hétérogènes et avaient une SF_e plus faible que les peuplements dominés par la pruche de l'Ouest (*Tsuga heterophylla* [Raf.] Sarg.) et le thuya géant (*Thuja plicata* Donn.), qui forment les chronoséquences de la côte ouest de l'île. Certains indices, notamment les bouquets de pousses, laissent croire que les différences dans la disposition des feuilles et la géométrie de la ramification des arbres, liées à l'espèce, avaient contribué puissamment à ces tendances régionales.

Pour obtenir une copie de cette étude, s'adresser à :
J.A. Trofymow
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Pacifique
506 West Burnside Road
Victoria (Colombie-Britannique) V8Z 1M5

Projet ENFOR P-473

[Élaboration de stratégies de récolte et d'aménagement intégré des forêts pour l'approvisionnement en biomasse dans les collectivités éloignées]

K.C. VanEvery et P. Higgleke

KBM Forestry Consultants Inc., Thunder Bay (Ontario)
Note technique nº 102, Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, Centre de foresterie des Grands Lacs

Les auteurs explorent la possibilité pour les collectivités autochtones de combiner l'utilisation de la biomasse et des nouvelles technologies dans des installations de chauffage centralisées alimentées également par une source d'énergie traditionnelle.

Ces installations, constituant des systèmes communautaires en circuit fermé, permettraient de chauffer l'intérieur des maisons et l'eau potable. Les systèmes de chauffage centralisés et les mini-systèmes du même type ont les principaux avantages de permettre la réalisation d'économies, la création d'emploi, l'autonomie et la conservation des fonds au sein de la collectivité, et ils évitent les risques de déversements accidentels de carburant, d'augmentation nette de la pollution de l'air, compte tenu du bilan de carbone neutre résultant de l'utilisation contrôlée de la biomasse, et d'incendies dans les habitations. Les ressources naturelles sont par ailleurs abondantes.

Les auteurs discutent des différentes étapes du processus décisionnel relatif à la mise en œuvre éventuelle d'un système de chauffage centralisé utilisant la biomasse, lesquelles vont de l'étude de faisabilité préalable à l'approbation par la collectivité.

Pour obtenir une copie de cette note technique, s'adresser à :
Rick Greet
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Grands Lacs
1219 Queen Street East
Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 5M7

Projet ENFOR P-474

[Bilan du carbone du secteur canadien des produits forestiers]

M.J. Apps, W.A. Kurz, S.J. Beukema et J. Bhatti
Environmental Science & Policy 2:25–41

Bien que plusieurs facteurs ayant un effet sur le cycle du carbone (C) des forêts soient hors du contrôle humain, les décisions prises en foresterie et dans le secteur des produits forestiers peuvent atténuer ou aggraver le bilan net du carbone des écosystèmes terrestres. Le Modèle de bilan du carbone du secteur des produits forestiers (MBC-SPF) décrit dans cette communication a été conçu pour s'adapter au modèle pancanadien de la dynamique du carbone des sols canadiens (le Modèle de bilan du carbone du secteur forestier canadien, MBC-SFC). Le MBC-SPF tient compte de la teneur en carbone de la biomasse forestière récoltée entre le moment où le carbone entre dans le processus de fabrication et celui où il est libéré dans l'atmosphère. Il tient également compte de l'utilisation et de la production d'énergie par le SPF, et des émissions de CO_2 pendant la transformation des produits. Cette structure utilise les paramètres des divers types de produits forestiers pour estimer l'évolution du carbone emmagasiné dans les produits forestiers : il permet de suivre le carbone depuis le transport de la matière brute récoltée jusqu'à sa destination finale (produit, pâte, décharge, atmosphère, recyclage) en passant par les diverses étapes de traitement dans les scieries ou les usines de pâte. Comme tout le carbone de la biomasse récoltée n'est pas libéré dans l'atmosphère l'année de la récolte, le modèle suit le carbone retenu par divers produits de courte ou de longue durée, et dans les décharges. Les résultats du modèle concordent en général avec les données disponibles pour 1920 à 1989. Les variations moyennes des stocks nets de carbone dans le SPF, calculées comme la différence entre le carbone récolté par le SPF et les pertes totales du secteur, sont évaluées à 23,5 Tg de C par année pour la période de 1985 à 1989. La taille totale du pool de carbone du SPF à la fin de cette période est évaluée à 837 Tg de C, dont seule une fraction (32 %) demeure au Canada. Ce pool est faible en comparaison de celui des écosystèmes forestiers d'où ils proviennent (estimé à 86 Pg de C en 1989). Néanmoins, les changements dans ces stocks contribuent significativement à une réduction de l'échange atmosphérique total net pour l'ensemble du secteur forestier (écosystème et secteur des produits) pour cette période.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
M.J. Apps
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-474

[Évaluation globale des réserves et des flux de carbone dans une unité d'aménagement forestier de la cordillère boréale]

D.T. Price, D.H. Halliwell, M.J. Apps, W.A. Kurz et S.R. Curry

Journal canadien de recherche forestière 27:2005–2016

Un modèle de bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC, version 2) a été modifié en vue d'évaluer les répercussions passées et éventuelles de l'aménagement sur la séquestration du carbone dans la biomasse, les sols, les produits du bois récolté, pour une unité d'aménagement forestier des écorégions de la cordillère boréale dans l'Ouest canadien. Le modèle a montré que la suppression totale des perturbations naturelles et leur remplacement par une récolte visant à obtenir un rendement durable maximal, pouvait entraîner une hausse significative de la réserve de carbone dans l'écosystème (surtout dans les sols et les produits du bois), pendant 100 à 200 ans dans cette région. Ce résultat provient principalement du fait que l'intervalle historique entre ces perturbations (surtout des incendies de forêts) est court par rapport à l'intervalle de récolte. Les gains nets de la réserve de carbone et leur période de conservation dépendent de variables clés, notamment de l'étendue des récoltes prévues et de l'intensité des perturbations naturelles. Un climat plus chaud pourrait réduire la réserve totale de carbone puisqu'il favoriserait la décomposition du sol, mais il ne neutraliserait sans doute pas les avantages liés à l'aménagement si les perturbations étaient maîtrisées. L'allongement des périodes de rotation ferait augmenter significativement la réserve de carbone totale. Cette possibilité pourrait justifier des investissements additionnels dans la protection des forêts.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
D.T. Price
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-474

[Énergie, bioénergie et bilan du carbone du secteur canadien des produits forestiers]

M.J. Apps, W.A. Kurz et J. Bhatti

Pages139–156 *in* Schlamadinger and Madlener, eds., *Effects of the Kyoto Protocol on Forestry and Bioenergy Projects for the Mitigation of Net Carbon Emissions*. Proc. IEA international workshop, March 1998, Rotorua (NZ). Published Joanneum Research, Graz, Austria

Les écosystèmes forestiers renferment environ 75 % du carbone organique de la Terre (C), et le Canada détient un dixième de cette réserve. La productivité et la décomposition de la matière organique dans les forêts boréales canadiennes ont changé dans les 20 dernières années. Par suite de ces changements et des changements dans la fréquence des perturbations, ces systèmes forestiers, qui étaient jusqu'alors des puits nets de carbone atmosphérique sont devenus de faibles sources de carbone. Même si l'être humain n'a pas de contrôle direct sur de nombreux facteurs qui influencent le cycle du carbone dans les forêts, sa manière de gérer les activités du secteur des produits forestiers à court terme peut entraîner atténuer ou aggraver le bilan net du carbone. Le modèle du secteur des produits forestiers (SPF), conçu pour être employé avec le modèle du bilan du carbone du secteur forestier canadien (MBC-SFC), tient compte du carbone de la biomasse forestière récoltée, à partir du moment où il quitte la forêt jusqu'à son rejet dans l'atmosphère, de l'utilisation et de la production d'énergie par le SPF et de l'émission de CO_2 pendant la transformation par le SPF. La structure du modèle SPF utilise les caractéristiques des différents types de produits forestiers pour estimer la quantité de carbone qui y est emmagasinée; elle suit le carbone, du transport de la matière brute récoltée à sa destination finale (produit, pulpe, décharge, atmosphère ou recyclage), en passant par les diverses étapes de traitement dans les scieries et les usines de pâte. Comme une partie du carbone n'est pas relâchée dans l'atmosphère l'année où la biomasse est récoltée, le modèle suit le carbone dans divers produits de courte et de longue durée et dans les décharges. Les résultats du modèle sont en général en accord avec les données disponibles pour les années 1929 à 1989.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
M.J. Apps
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-474

[Séquestration du carbone dans les forêts naturelles]

C.S. Binkley, M.J. Apps, R.K. Dixon, P.E. Kauppi et L.-O. Nilsson

Critical Reviews in Environmental Science and Technology 27(Special):S23–S45 (1997)

Les forêts denses couvrent environ 3 milliards d'hectares ou 20 % de la surface émergée du globe (à l'exception de l'Antarctique). Les plantations de forêts représentent moins de 1 % de cette surface. Les forêts naturelles vont des forêts intensivement aménagées de l'Europe centrale et de la Scandinavie aux forêts boréales sauvages de Russie et du Canada, en passant par les jungles profondes et forêts sèches des tropiques. Un grand nombre de techniques — largement tirées du répertoire ordinaire d'aménagement des forêts — sont disponibles pour améliorer la capacité de ces forêts à séquestrer et à entreposer le carbone. Même si les coûts de séquestration de carbone additionnel dans ces forêts pourraient être assez faibles (même en comparaison avec les options de plantation intensive), l'utilisation accrue des forêts naturelles à cette fin soulève toute une gamme de préoccupations concernant les utilisations concurrentes, les risques biologiques et la possibilité de mesurer avec précision la quantité supplémentaire de carbone séquestrée. La pauvreté, l'extension des populations, la faiblesse des institutions, les lacunes dans la connaissance scientifique et les changements climatiques eux-même constitueront des obstacles de taille dans l'utilisation mondiale des forêts naturelles comme stratégie d'atténuation des effets du CO_2.

Pour obtenir une copie de ce rapport, s'adresser à :
M.J. Apps
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-474

[Dynamique du carbone passée et éventuelle dans les écosystèmes de la forêt boréale canadienne]

David T. Price, Michael J. Apps et Werner A. Kurz

Pages 63–88 *in* Kohlmaier, G.H.; Weber, M.; Houghton, R.A., eds., *Carbon Mitigation in Forestry and the Wood Industry*. Chapitre 1.4: Past and Possible Future Carbon Dynamics of Canada's Boreal Forest Ecosystems. Springer Verlag, 1998

Les incendies de forêts et les pullulations d'insectes sont les principaux responsables des perturbations dans les vastes écosystèmes de la forêt boréale de l'Amérique du Nord. Les récoltes touchent une partie relativement réduite de la surface totale perturbée chaque année. Malgré la mise en place de programmes de protection, le taux de perturbations naturelles a varié considérablement au cours des dernières années. Ce phénomène est presque certainement lié aux variations climatiques. Le taux de perturbation est un facteur clé du contrôle de la distribution des classes d'âge dans les forêts : l'accroissement des perturbations entraîne l'augmentation de la proportion de classes jeunes et la réduction des densités moyennes du carbone (C) emmagasiné dans la biomasse, la litière et le sol. Les perturbations naturelles ont donc un grand effet sur la dynamique du carbone dans les écosystèmes non aménagés de la forêt boréale.

Les principaux bassins et flux de carbone dans le bilan de l'écosystème ont été simulés en vue d'étudier des scénarios de perturbation passés et éventuels, et de définir des possibilités de réponses tenant compte des réserves de carbone dans l'aménagement des écosystèmes de la forêt boréale canadienne, à des échelles régionales et locales. Les résultats ont montré que, jusqu'à récemment, la forêt boréale canadienne était dans son ensemble un puits net de carbone, mais que, par suite de perturbations accrues entre 1970 et 1990, elle était désormais plutôt une source de carbone. Le rythme des perturbations continuera d'avoir des répercussions sur le bilan du carbone net à l'avenir, et la forêt boréale canadienne demeurera sans doute une source nette de carbone pendant plusieurs années. L'aménagement visant la production de bois, qui comprend des travaux de protection contre les perturbations naturelles, pourrait aider à surmonter cet effet. La récolte est un élément nécessaire de l'aménagement à long terme parce que la protection ne peut que repousser les perturbations naturelles dans les écosystèmes boréaux et que sans cela les coûts du stockage du carbone deviendraient prohibitifs avec le vieillissement des peuplements. La fabrication de produits en bois de longue durée et de substituts à l'énergie fossile sont d'autres stratégies possibles dans l'utilisation des forêts boréales pour atténuer les émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

Pour obtenir une copie de ce chapitre, s'adresser à :
D.T. Price
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-474

[Simulation de la réponse de la dynamique du carbone dans les tourbières boréales à des variations des teneurs effectives en eau, au moyen du modèle de Clymo basé sur les processus]

I.D. Campbell, M.J. Apps, D.H. Vitt, L.A. Hasley et C. Campbell

American Geophysical Union 79:45(F321), 10 nov. 1998

Les tourbières nordiques font actuellement l'objet d'études visant à résoudre le casse-tête du carbone manquant dans le bilan du carbone mondial. Le bilan du carbone mondial change significativement selon que les tourbières deviennent avec le temps des sources (dégradation de la tourbe) ou des puits de carbone (accumulation de tourbe). L'équilibre de la production de plantes vivantes dans l'acrotelme et les taux de décomposition à la fois dans l'acrotelme et le catotelme contrôlent la dynamique des tourbières. Tous ces processus sont positivement liés aux températures selon Clymo (1984). Le taux de tourbe qui passe de l'acrotelme au catotelme, toutefois, détermine l'accumulation nette de tourbe, puisque la nouvelle tourbe dans l'acrotelme est assujettie à un taux de décomposition très élevé. Le temps de résidence dans l'acrotelme est régi par la profondeur de la nappe phréatique (PNP). Ainsi, la dynamique des tourbières à diverses échelles temporelles résulte d'interactions complexes et non linéaires, liées aux conditions thermiques et d'humidité.

Un modèle de la dynamique de la tourbe est élaboré pour explorer ces interactions. Le modèle simule les processus de production et de décomposition dans l'acrotelme et le catotelme, de même que les processus d'échange d'eau et de carbone entre ces deux couches. Il est actuellement capable de simuler l'amorce, l'accumulation, la dégradation et la fin des tourbières par un changement de PNP, avec les paramètres invariables de productivité et de décomposition de l'Ouest canadien, et l'hypothèse que les changements dans les taux de la production et décomposition qui dépendent de la température se compensent mutuellement. Les résultats préliminaires indiquent que même un changement modéré dans la PNP, de quelques centimètres à l'échelle de la décennie ou du siècle, modifie considérablement le taux net d'accumulation de tourbe. Une simulation des fluctuations périodiques de la teneur en eau et de la PNP au cours des derniers millénaires a été effectuée, reproduisant les tendances d'accumulation de tourbe observées dans plusieurs profils. Ces simulations permettent également de vérifier l'hypothèse de formation des tourbières pendant l'holocène dans l'Ouest canadien (Campbell *et al.*, en préparation).

Un sous-modèle de la PNP est actuellement mis au point et calibré au moyen de données d'observations climatiques et hydrologiques pour produire une simulation réaliste de la PNP. Une relation empirique entre les températures et les taux de production et de décomposition est établie pour faciliter la simulation avec des taux dynamiques de production et de décomposition. Les sous-modèles calibrés pour la température et la teneur en eau de la tourbe pourraient être utilisés pour prévoir de manière plus réaliste les changements futurs dans l'emmagasinage de carbone dans les tourbières boréales, suivant différents scénarios de réchauffement climatique.

Pour obtenir une copie de cette présentation, s'adresser à :
I.D. Campbell
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie du Nord
5320-122nd Street
Edmonton (Alberta) T6H 3S5

Projet ENFOR P-475

Mise au point d'une technologie de production de biomasse opérationnelle dans la région du Haut-Saint-Laurent (au sud-ouest du Québec)

M. Labrecque

Institut de recherche en biologie végétale, Montréal (Québec)
Rapport de l'entrepreneur, 1999

Ce rapport rend compte de travaux réalisés au cours de la dernière année (1998–1999) portant sur la sylviculture de saules à courte rotation, effectués dans le cadre d'une étude pilote lancée en 1995. Cette étude avait occasionné la mise en culture de neuf hectares de terres agricoles abandonnées dans la région du Haut-Saint-Laurent. En 1998, une seconde phase d'activités a été entamée, consistant à suivre la reprise de croissance et le développement de nouvelles tiges (rejets) produites par suite d'une première récolte de branches effectuée à l'automne 1997. Cette nouvelle étape, qui devrait durer quatre ans (1998-2002), permettra de mieux juger de l'applicabilité de cette pratique sylvicole, de ses limites et de ses possibilités économiques.

Les résultats de recherche qui font l'objet de ce rapport sont basés sur les performances de croissance, de productivité et de nutrition enregistrées pour les deux espèces de saules visées, *Salix discolor* et *S. viminalis*, cultivées sur 6 ha (3 ha sur un site sablonneux et 3 ha sur un site argileux), au cours de la première saison de croissance (1998), après un recépage exécuté à l'automne 1997.

Pour obtenir une copie de ce rapport, s'adresser à :
S. Masse
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Projet ENFOR P-476

[Établir un lien entre l'écophysiologie et la productivité des forêts : Un aperçu du projet ECOLEAP]

P.Y. Bernier, R.A. Fournier, C.-H. Ung, G. Robitaille, G. Larocque, M.B. Lavigne, R. Boutin, F. Raulier, D. Paré, J. Beaubien et C. Delisle

The Forestry Chronicle 75(3):417–421, Mai/juin 1999

ECOLEAP est un projet de recherche lancé par le Service canadien des forêts pour améliorer notre compréhension des contrôles environnementaux sur la productivité des forêts boréales et sub-boréales et d'élaborer des outils permettant de prédire la productivité des peuplement sur de grands territoires. Ce projet multidisciplinaire combine de manière coordonnée la recherche écophysiologie, en pédologie, en télédétection, en méthodes de spatialisation et en modélisation des processus régissant la productivité primaire nette. La recherche sur les processus est réalisée dans divers types forestiers, le long de gradients climatiques et de productivité importants. La modélisation suppose l'interpolation, sur le plan spatial, de données climatiques et d'autres informations numériques. La télédétection fournit des données essentielles et à jour sur les peuplements comme la composition, l'indice foliaire et les rayons absorbés, données qui ne sont pas disponibles dans d'autres bases spatiales de données. Un système d'information géographique est utilisé pour intégrer les diverses sources de données. Actuellement, trois exercices de modélisation sont en cours dans le cadre d'ECOLEAP pour répondre à différents objectifs du projet. Les divers modèles seront appliqués dans de vastes régions pilotes, la première étant située au nord de la ville de Québec.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
P.Y. Bernier
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Projet ENFOR P-476

[Cartographie du potentiel des sites forestiers à l'échelle locale et à celle du paysage]

C.-H. Ung, P.Y. Bernier, R.A. Fournier et J. Régnière

Pages 431–436 *in* Lowell, K.; Jaton, A., eds., *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI. Chapter 50

Le contrôle de la productivité primaire nette (PPN) et l'évaluation du potentiel du site à l'échelle du paysage sont des points importants à considérer dans le cadre de pratiques d'aménagement durable du paysage. Pour cartographier le potentiel d'un site, il faut déterminer et mesurer les variables écophysiologiques clés, les porter à l'échelle du paysage et mettre en œuvre une méthode fondée sur l'écophysiologie pour évaluer le potentiel du site avec des outils de télédétection et de SIG. C'est la méthode proposée pour appuyer l'exploitation forestière opérationnelle. En particulier, quatre paramètres sont pertinents dans le cadre d'une évaluation du potentiel du site : le modèle numérique d'altitude (MNA), le drainage, le sol et les types de couverts forestiers. Les données afférentes, essentielles au calcul du potentiel du site, sont obtenues à l'aide de produits cartographiques disponibles sur le marché, à des échelles qui varient entre 1/1 000 000 et 1/20 000. Plusieurs questions relatives à la précision spatiale ont été testées et validées dans une région pilote d'environ 250 km^2. Par exemple, l'impact du choix d'une échelle pour chaque paramètre sera évalué dans le cadre d'études in situ élaborées. Les écarts entre les couches de données obtenues à l'aide du SIG et les mesures in situ fourniront des repères précis pour trouver un équilibre entre la précision cartographique et les exigences opérationnelles. La méthode proposée pour l'évaluation du potentiel du site sous-entend par conséquent la spatialisation des produits cartographiques disponibles et de l'imagerie par télédétection pour établir une carte répondant aux besoins opérationnels liés à l'aménagement durable des forêts.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
P.Y. Bernier
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Projet ENFOR P-476

[Infobase des régions pilotes permettant de gérer les estimations des attributs des forêts sur le territoire canadien]

R.A. Fournier, L. Guindon, M. Wulder, J. Luther, R. Hall, J. Beaubien et D. McKenney

Présenté au 22e Symposium canadien de télédétection, Victoria (Colombie-Britannique), du 21 au 25 août 2000

Il existe actuellement un écart important en matière d'échelle et de contenu entre les nombreuses données recueillies au sol dans l'ensemble du Canada (surtout à des fins d'aménagement des forêts) et les cartes nationales décrivant les attributs des forêts comme le couverture terrestre, la biomasse et la productivité. Cette situation est particulièrement vraie dans la production de cartes à l'aide de produits de télédétection. L'écart entre les estimations locales et nationales a empêché la validation à grande échelle des produits nationaux, causant une incertitude dans l'estimation de l'étendue des attributs forestiers nationaux. Pour répondre aux besoins de production de cartes et de validation, les auteurs proposent une infobase des régions pilote visant la gestion des attributs forestiers sur le territoire canadien (*Pilot Regions Infobase for Managing Estimates of Forest Attributes on Canadian Territory*, ou *PRIME FACT*) comme moyen de résoudre le problème de la correspondance entre l'échelle du peuplement et l'échelle régionale et nationale. La PRIME FACT sera également utilisée pour valider les modèles conçus pour estimer les attributs forestiers à l'échelle des grands paysages.

Le principal objectif de PRIME FACT est d'offrir, comme cadre de travail commun, les séries de données obtenues pour les régions pilotes, lequel pourra servir aux modélisateurs de systèmes ou aux aménagistes forestiers qui travaillent à l'échelle régionale, provinciale et nationale. Le travail dans le cadre de la PRIME FACT est axé sur trois composantes, visant toutes le choix et la mise en œuvre d'un réseau de grandes régions pilotes à l'échelle du paysage. Ces régions pilotes ont été choisies de manière à représenter les principales écorégions des forêts canadiennes et à profiter des bases de données existantes. Les régions pilotes étaient nécessaires pour établir des méthodes opérationnelles d'agrandissement ou de diminution de l'échelle. Chaque composante comprend 1) la compilation des couches de données obtenues pour les régions pilotes dans un système d'information géographique (SIG); 2) la production de cartes pour chaque région pilote montrant les attributs qui exigent une modélisation ou une grande manipulation des données, notamment le type de couvert forestier, la biomasse du peuplement et la productivité des forêts; et 3) la comparaison d'estimations forestières de sources différentes. Il faut trois types d'information : forêt, site et climat. Elles sont toutes essentielles à la modélisation des processus mais les images obtenues par télédétection sont axées sur l'estimation des attributs forestiers. En établissant, pour un réseau de vastes régions pilotes établies dans l'ensemble du Canada, de grandes séries de données spatiales et des modélisations à petite échelle, on obtiendra le chaînon manquant dans les séries de données sur les forêts canadiennes dont la hiérarchie des échelles est actuellement incomplète.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
R.A. Fournier
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Projet ENFOR P-476

[Spatialisation des modèles en foresterie]

R.A. Fournier, L. Guindon, P.Y. Bernier, C.-H. Ung et F. Raulier

The Forestry Chronicle (sous presse)

Les progrès dans le SIG et la télédétection numérique ont facilité le traitement de questions complexes en foresterie, comme l'estimation de la biomasse forestière ou la modélisation de la productivité des forêts dans le paysage. La disponibilité d'outils de spatialisation des modèles offre la possibilité d'intégrer des concepts écologiques complexes dans les applications de gestion des ressources. Cet article fournit des lignes directrices et des exemples de mise en œuvre de modèles à fondement écologique dans des applications spatialisées de l'aménagement de la ressource forestière. Les objectifs des projets varient beaucoup d'une application à l'autre; toutefois, les questions d'échelle, de validation, d'estimation de l'erreur et d'amélioration de la méthodologie requièrent toutes l'adoption d'une approche stratégique. On donne trois exemples de spatialisation de modèles portant sur la cartographie de la biomasse des forêts, l'indice de qualité du site et la productivité. Les lignes directrices proposées peuvent également s'appliquer dans d'autres contextes, en particulier en gestion des ressources, lorsque la modélisation écologique ou l'inclusion de nouvelles technologies comme la télédétection sont nécessaires.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
R.A. Fournier
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Projet ENFOR P-476

[Protocole de surveillance spatiale visant à optimiser la surveillance d'entités forestières à l'aide d'images de télédétection numérique et de SIG]

R.A. Fournier, P.E. Bonhomme et C.-H. Ung

Pages 383–391 *in* Lowell, K.; Jaton, A., eds., *Spatial accuracy assessment: Land information uncertainty in natural resources.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI. Chapter 45

Les capteurs de télédétection offrent aujourd'hui un vaste choix de résolutions spatiales pour surveiller les conditions des forêts. En outre, l'utilisation croissante d'outils de télédétection numérique soulève la question importante de la meilleure stratégie d'échantillonnage à adopter. Quatre facteurs doivent être considérés dans le choix des résolutions spatiales, dans le cadre de l'utilisation d'images numériques : 1) la disponibilité des images, 2) la faisabilité économique, 3) l'étalonnage des images et 4) les entités en présence. En imagerie numérique, la résolution spatiale optimale dépend de la taille des entités qui composent le couvert forestier et de la carté de leurs limites. Cette caractéristique nous oblige à classifier ces entités. Compte tenu de la diversité des entités utilisées en aménagement forestier, une stratégie est proposée pour définir les fourchettes de résolution spatiale pertinentes. Une stratégie d'échantillonnage spatial est définie en fonction des besoins d'interprétation. La question des avantages, des compromis et des limites de l'interprétation des entités du couvert est examinée. Deux stratégies particulières sont proposées : une stratégie réductionniste, qui exige la plus grande taille de pixel pour décrire l'entité et une stratégie descriptive, qui nécessite un suréchantillonnage par pixel. Des lignes directrices sont donnnées sur la façon de choisir les fourchettes de résolution spatiale les mieux adaptées à une application ou à une étude donnée en foresterie, dans le cadre de l'utilisation d'images de télédétection numériques.

Pour obtenir une copie de cet article, s'adresser à :
R.A. Fournier
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7

Projet ENFOR P-478

[Récolte de première rotation dans une plantation de saules expérimentale et rapport final sur le développement de plantations expérimentales de saules pour la biomasse]

W.A. Kenney et B.J. Vanstone

Rapport de l'entrepreneur, octobre 1999

L'énergie produite à partir de la biomasse pourrait contribuer précieusement à la diversification de l'approvisionnement en énergie au Canada et réduire notre dépendance par rapport aux carburants fossiles. À cette fin, il nous faudrait produire de grandes quantités de biomasse peu coûteuse à proximité d'installations de conversion. La production de saules dans des plantations spécialisées de sylviculture à courte rotation (SCR) pourrait semble-t-il être efficace dans ce contexte.

Un certain nombre de fermes pilotes ont été établies en vue de démontrer et de tester cette technologie et de classer les clones en fonction de leur rendement dans des plantations d'échelle opérationnelle.

Dans le cadre de ce projet, trois plantations pilotes ont été établies dans le sud de l'Ontario, consistant en des parcelles répétées de 1 000 pousses de 13 clones de saules choisis dans la collection de l'Université de Toronto. La plantation était établie suivant une configuration suédoise à deux rangées, avec une densité d'environ 15 000 pousses/ha.

Le clone SV1 (*Salix dasyclados*) a produit la biomasse la plus importante, la moyenne pour la meilleure parcelle étant de 9 ta ha^{-1} an^{-1} (tonne anhydre par hectare par an). Le rendement des arbres individuels de S×67 (*S. udensis*) a atteint 14 ta ha^{-1} an^{-1}. Les plus grands producteurs du clone SV1 ont produit environ 13 ta ha^{-1} an^{-1}, tandis que ceux du clone 301 (*S. exigua* × *eriocephala*) ont permis de produire 12 ta ha^{-1} an^{-1}. Les moyennes pour les parcelles montrent que le clone SV1 a produit la biomasse moyenne la plus importante par parcelle (9 ta ha^{-1} an^{-1}), suivie du clone S×67 (7 ta ha^{-1} an^{-1}) et du clone 301 (5,7 ta ha^{-1} an^{-1}). Les meilleurs rendements obtenus se situent dans la fourchette acceptable, du point de vue économique, pour les plantations de biomasse énergétique. Ils reflètent cependant les rendement de récolte de première rotation et ne sont donc probablement pas les meilleurs rendements possibles, puisque les données de rendement se calculent sur 3 ans et que la fermeture du couvert n'a pas lieu pendant la première année de croissance. D'après l'expérience européenne, les rotations successives produisent des rendements plus élevés, puisque la plantation est alors mieux établie et plus en mesure d'utiliser les ressources du site.

Les rendements des clones et des parcelles les moins performants sont significatifs. Les clones ont été choisis à l'origine pour leur rendement dans des plantations de plus petite échelle conçues pour la propagation. L'étude a permis de conclure que certaines de ces sélections initiales ne devraient pas être utilisées à l'avenir dans les planta-

tions. Les résultats confirment que certains clones qui donnent des rendements très élevés à certains sites, n'en donnent pas à d'autres. Par ailleurs, certains clones ne peuvent pas être utilisés dans les plantations d'échelle opérationnelle, compte tenu de leur forme qui ferait obstacle à l'utilisation de machines. Ces clones ont toutefois un grand potentiel génétique. Ils peuvent avoir des rendements élevés et leur bois a une forte densité, mais leur croisement avec d'autres clones est nécessaire pour obtenir des arbres qui ont une forme acceptable et qui résistent aux maladies.

Pour obtenir une copie de ce rapport, s'adresser à :
S. Masse
Ressources naturelles Canada
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides
1055, rue du P.E.P.S.
C.P. 3800
Sainte-Foy (Québec) G1V 4C7